

Planungshilfe

Wilo-Brain

Optimierung von Trinkwarmwasser- Zirkulationsanlagen



Inhalt	
Einleitung	ab Seite 4
Pumpe und Regelung	ab Seite 6
Aufwendungen für warmes Wasser	7
Trinkwarmwasseranlagen	8
Trinkwarmwasser-Zirkulationsanlagen	9
Werkstoffe und Bauteile	10
Pumpendimensionierung und Komponentenauswahl	11
Pumpenförderhöhe	12
Geregelte Trinkwasser-Zirkulationspumpen	13
Zum Einbau von Trinkwasser-Zirkulationspumpen	14
Hydraulik	ab Seite 16
Auslegung des Rohrnetzes	18
Regulierventil	19
Abtragungen in Anlagen durch Fließgeschwindigkeit	20
Gestaltung der Zirkulationsrohrleitung	21
Falsche Durchströmung	22
Korrekte Wasserströmung	23
Härte des Trinkwassers	24
Trinkwasserfilter	25
Sicherheit	ab Seite 26
Wasser für den menschlichen Gebrauch	27
Fachgerechte Installation und Montage- und Wartungsarbeiten	28
Beeinträchtigung der hygienischen Qualität des Wassers	28
UV-Desinfektion	29
Chemische Desinfektion	29
Thermische Desinfektion	30
Prüfungen und Maßnahmen bei Kontaminationen	32
Vorbeugende Wartung – die beste Schutzmaßnahme	34
Die Sicherung der Qualität von Trinkwasser	35

Inhalt	
Druckhaltung	ab Seite 36
Funktionen von Membranausdehnungsgefäßen	37
Ausgleich des Wasservolumens	38
Die Installation von Membranausdehnungsgefäßen	40
Druckregler/Druckminderer	42
Einbau von Druckminderern	43
Rückflussverhinderer	44
Einbau von Sicherheitsventilen	44
Arbeitsweise von Sicherheitsventilen	45
Wartung und Service	ab Seite 46
Gewährleistung	47
Systemcheckliste	48
Pumpe und Regelung	49
Hydraulik	50
Sicherheit	51
Druckhaltung	52
Wartung und Service	53
Seminare	ab Seite 54
Wilo-Produktschulungen	55
Wilo-Brain Seminare	55
Impressum	ab Seite 59



Einleitung

Das Medium Wasser und das Bewegen von Wasser stellt eines der wichtigsten Elemente der Gebäudetechnik dar. Gestiegene Anforderungen zur Energieeinsparung und zur Reduzierung des CO₂-Ausstoßes, verschärfte Bedingungen für das Geräuschverhalten und die Hygienesicherheit, die Notwendigkeit des Einsatzes elektronischer Regelung, Erhöhung der Betriebssicherheit, Korrosionsfestigkeit u.a.m. erfordern Weiterentwicklungen in der Gebäudetechnik, die konsequent und kompetent durchzuführen sind.

Seit dem 1. Januar 2003 müssen nicht nur die Wasserversorger, sondern auch der Anlageneigentümer dafür haften, dass das Wasser in absolut einwandfreier Qualität nach EU-weit geltender Trinkwasserordnung aus jeder Entnahmestelle kommt. Für die Fachunternehmen bedeutet dies, dass sie als Beauftragte des Anlageneigentümers für die hygienebewusste Planung, Ausführung und Wartung verantwortlich sind. Die Wasserversorger geben sich alle Mühe, ein Trinkwasser zu liefern, bei dem die zulässigen Grenzwerte deutlich unterschritten werden. Diese Wasserqualität soll dann nicht durch Mängel in der Hausanlage verschlechtert werden. Werden nur DVGW*-geprüfte Armaturen und Rohre, nach DIN gebaute Behälter, Apparate und Maschinen verwendet, und erfolgt die Planung nach DIN EN 806, DIN 1988, DVGW-Arbeitsblatt W 551 bis W 553 und VDI-Richtlinie 6023, so ist nach heutigem Kenntnisstand das Größtmögliche zur Sicherung der Gesundheit des Nutzers erlangt. Aber mangelhafte Inbetriebnahmen oder Wartungen sind ein hohes Gefährdungspotenzial.

Das Lebensmittel Nr. 1 (Trinkwasser) erfordert nicht nur eine hygienebewusste Planung und Installation, es setzt ein Hygienebewusstsein auch beim Transport der Teile und Werkzeuge voraus. Ohne ein Bewusstsein für Hygiene beim Eigentümer und Verwender gibt es kein gesundes Trinkwasser aus der Zapfstelle. Die Installationen müssen regelmäßig einer Inspektion und Wartung unterzogen werden. Für die Zukunft sollten alle Erkenntnisse aus Forschung und Wissenschaft in die tägliche Praxis mit einfließen. Alle Beteiligten sind aufgerufen, ihren Wissensstand zur Trinkwasserhygiene auf den bestmöglichen Stand zu bringen und stetig durch Weiterbildung zu erhalten und zu verbessern.

Die Praxis des Redaktionsteams

veranlasste die Mitglieder als Mitarbeiter eines der größten Pumpenherstellers Europas, „über den Tellerrand zu schauen“. Nicht nur die Zirkulationspumpe verursacht Probleme in einer Trinkwarmwasseranlage. Vielmehr ist es nötig, die Wasserverteilung in der Trinkwarmwasseranlage ganzheitlich in ihrer Funktion zu erkennen und zu beherrschen. Denn:

→ Komponentenhersteller sind vorrangig daran interessiert, die Vorteile und den Nutzen ihrer Produkte darzustellen.

→ Anlageninstallateure sehen vor allem die mangelfreie Erstinstallation als ihre Hauptaufgabe an.

→ Probleme stören, sie werden fallweise gelöst bzw. dem Kundendienst überlassen.

→ Know-how ist „persönliches Kapital“ und wird nur begrenzt weitergegeben.

→ Die Ausbildung der Mitarbeiter kostet die Beteiligten viel Zeit bzw. Geld und entspricht derzeit nur bedingt dem hohen Technologiestandard der Systemkomponenten.

→ Das Handlungspotenzial zwischen Trinkwarmwassererzeugung und Wasserabgabe bietet beachtliche Chancen für das Servicegeschäft.

→ Gewährleistungsansprüche sind eindeutig zu gewähren, wenn ein Material- oder Fertigungsfehler zum Zeitpunkt der Abnahme bestand; diese Fälle machen nur etwa 50 % der insgesamt eingeforderten Gewährleistungsansprüche aus.

Das Fazit dieser Erkenntnisse

ist, dass nicht Kritik, Besserwisserei und Schuldzuweisungen sowie das Verdrängen von Problemen im Vordergrund der Betrachtungen stehen dürfen; nur pragmatische und praxisorientierte Schritte bringen Verbesserung.

Aus diesen Zielkonflikten

bzw. den jahrelangen Erfahrungen in der Praxis, Ausbildung und aus den Herstellerkontakten haben die Autoren diese Planungshilfe abgeleitet.

Die Leserschaft

möge daraus einen Nutzen ziehen, der sich in umfassenderem Wissen, in der erfolgreichen Betätigung vor Ort und in dem daraus resultierenden Wettbewerbsvorteil bemerkbar macht.

* DVWG:
Deutsche Vereinigung
des Gas- und Wasser-
faches e.V.



Pumpe und Regelung

Trinkwasser ist das große Thema in diesem Jahrzehnt. Seit Anfang des Jahres 2003 gilt EU-weit eine einheitliche Trinkwasserverordnung. Neben den Wasserversorgern sind auch die Installateure herausgefordert: Die hohe Qualität des gelieferten Trinkwassers muss durch die Güteklasse der Hausinstallation sichergestellt werden. Besondere Anforderungen sind dabei an die Trinkwarmwasser-Zirkulation zu richten. In dieser Planungshilfe wird die Qualitätssicherung für die Ausführung und den Betrieb der Trinkwarmwasser-Zirkulation dargestellt.

Schon die alten Römer suchten mit Vorliebe heiße Quellen aus Gründen des Komforts und der Gesundheit auf. Sie versprachen Wohlgegnuss und Entspannung, förderten die Heilung nach schwerem Kampf und dienten der Reinlichkeit. Schmutzbedingte Krankheiten wurden dadurch weitgehend vermieden.

Aber nicht überall gab es diese Quellen. So wurden Leitungen zum Transport des Wassers verlegt. Um die Reinheit zu erhalten, floss ständig neues Wasser nach. Zur Steigerung des Komforts wurden die Bäder durch so genannte Hypokausten, antike Fußbodenheizanlagen, erwärmt. Nur wer in der Nähe wohnte oder genug Kapital für die Reise hatte, konnte die warmen Bäder genießen.

Aufwendungen für warmes Wasser

Heute kann in Europa prinzipiell jeder Mensch jeden Tag warm baden oder duschen. Die Nutzung wird durch die Kosten für die Bereitstellung des Trinkwassers und durch die Energiekosten zur Erwärmung begrenzt. Umweltbewusste achten bei der Bedarfsdeckung nach warmem Wasser allerdings auch auf den Bereitstellungsaufwand. Dieser teilt sich in die Bereiche Gewinnung, Transport, Aufbereitung und Erwärmung auf. Die Gewinnung des Trinkwassers erfolgt durch Versorgungsunternehmen. Selten gibt es in Deutschland noch Selbstversorger mit eigener Brunnenanlage. Das Wasser wird durch Rohre (Leitungen) zu den Häusern transportiert. Der Nutzer zahlt eine Bereitstellungspauschale und über Wasserzähler erfolgt die Mengenabrechnung. Enthalten im Preis ist eine Wasseraufbereitung nach den Vorgaben der Trinkwasserverordnung (TrinkwV).

Zum Wohlbefinden beim Bad muss das Wasser von $\sim 10^\circ\text{C}$ auf $>30^\circ\text{C}$ erwärmt werden. In der Regel erfolgt die Erwärmung innerhalb des Gebäudes, in dem die Nutzung erfolgt. Bei großen Liegenschaften (Krankenhaus etc.) gibt es auch eine Zentralversorgung mehrerer Gebäude mit Trinkwarmwasser.

Der Bedarf nach warmem Wasser steigt stetig. Nach neuesten Studien liegt der Verbrauch in der Bundesrepublik Deutschland bei >46 Litern pro Kopf und Tag. Daraus ergeben sich Anforderungen an den Energiehaushalt, was aber auch Chancen für neue Produkte zur Wassererwärmung beinhaltet. Somit steigen die Anforderungen für die Planung, Installation und Wartung der Trinkwarmwassersysteme.

Trinkwarmwasseranlagen

Die Erwärmung des Wassers kann im Durchlaufbetrieb oder Speichersystem erreicht werden.

Durchlauferwärmer (Bild 1) sind in der Regel Elektro-, Gasdurchlauferhitzer oder Wärmetauscher. Bei Bedarf wird eine gewisse Wassermenge nicht die gewünschte Temperatur besitzen. Erst wenn Erwärmer- und das Leitungssystem auf Temperatur sind, stimmt die Auslauftemperatur. Größere Anlagen, mit mehr als 3 Litern Rohrinhalt, sollten über eine Zirkulation (Bild 2) verfügen. Der Komfort ist hierbei aufgrund der Anschlussleistungen eingeschränkt. Es steht

nur eine begrenzte Durchflussleistung zur Verfügung. Der Energiepreis ist relativ hoch, da Bedarfsspitzen in den Morgen- oder Abendstunden entstehen.

Speichersysteme sind in ihrer Wirkungsweise bezüglich Energieaufwand und Komfort günstiger. Damit zu jeder Zeit an jeder Zapfstelle warmes Wasser ansteht, werden Speichersysteme mit Zirkulationsleitungen (Bild 3) ausgestattet. Außerdem sind aus hygienischen Gründen Zirkulationsanlagen (z. B. große Speicher, Desinfektion) erforderlich.



Bild 1: Durchflusssystem



Bild 2: Durchflusssystem mit Zirkulation für große Leitungsanlagen

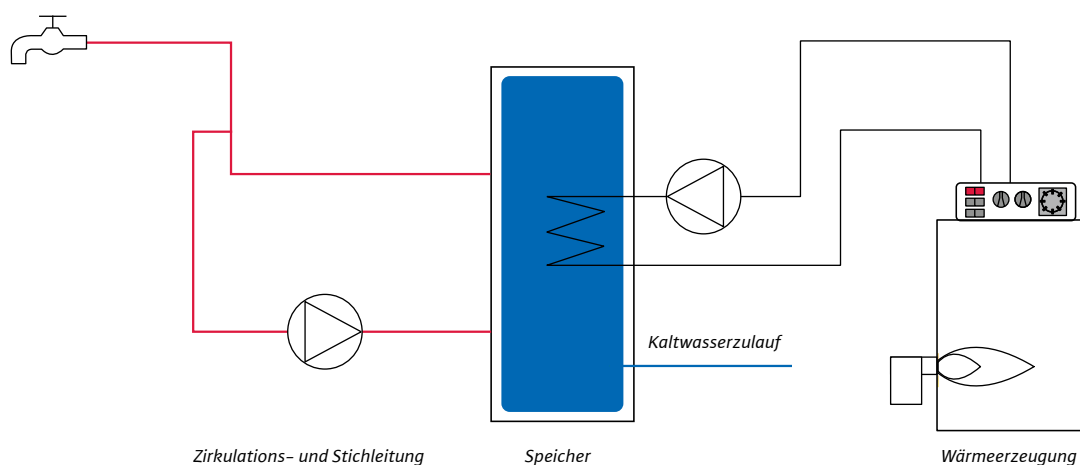


Bild 3: Speichersystem mit Zirkulation

Trinkwarmwasser-Zirkulationsanlagen

In dieser Broschüre gilt unser Augenmerk der Warmwasserzirkulation, die verschiedenen Erzeugersysteme (Solar, Gas, Öl, Pellets und Wärmepumpen etc.) werden nicht oder nur am Rande thematisiert. Denn: mangelhafte Zirkulationssysteme führen zur Verärgerung der Nutzer (Mietabzug) und können Menschen gefährden. Die neue Trinkwasserverordnung (TrinkwV 2001) stellt hohe Anforderungen in Bezug auf die Hygiene der Versorgung bis zur Zapfstelle. Der Betreiber ist für den Betrieb der Hausinstallation verantwortlich. Installateur- und Wartungsunternehmen sind nach den Normen, Richtlinien und Bauordnungen als Betreiberbeauftragte in der Haftung. Sie tragen das gesamte Risiko, wenn entsprechende Hinweise dem Betreiber nicht mitgeteilt werden. Alle Arbeiten müssen bestimmungsgemäß durchgeführt werden!

Nicht nur aus Komfortgründen ist eine Zirkulationsanlage erforderlich. Schon bei den Römern brachen Krankheiten oder Epidemien durch Erreger im Wasser aus. Die Zahl der Erreger nahm dann zu, wenn das Wasser stagnierte. Besonders gefährlich für den Menschen ist der Legionella-Erreger. Dieser Erreger der 1976 in den Vereinigten Staaten entdeckten Legionärskrankheit liebt warmes, möglichst stehendes Wasser. Bei Temperaturen zwischen 30 und 45 Grad Celsius fühlt er sich am wohlsten und vermehrt sich in Windeseile. Gefährlich werden die Legionellen, wenn sie im Wasserdampf eingeatmet werden, während sie im Trinkwasser harmlos bleiben.

Alle Systeme, bei denen Wassertropfen in der Luft fein verteilt werden, müssen daher regelmäßig überprüft werden. „Beliebte“ Aufenthaltsorte für diese Erreger sind zum Beispiel nicht fachgerecht bemessene oder betriebene Warmwassersysteme.

Um eine Gefährdung des Menschen auszuschließen, hat die DVGW Arbeitsblätter (W 551/552/553) verfasst, die eine verbindliche Grundlage zu Anlagenausführung und -betrieb bilden. Es wird unterschieden in Klein- und Großanlagen.

Kleinanlagen sind Einrichtungen in Ein- und Zweifamilienhäusern ohne Begrenzung des Inhaltes. Als Kleinanlagen gelten zusätzlich Anlagen mit Trinkwassererwärmern mit einem Inhalt ≤ 400 l und einer Anbindleitung mit ≤ 3 l Inhalt bis zur Entnahmestelle. Eine Zirkulationsleitung wird nicht berücksichtigt (siehe Trinkwasserverordnung 2. Veränderung 2013 §3).

Großanlagen sind alle Trinkwassererwärmungssysteme mit einem Inhalt >400 l und/oder >3 l in jeder Rohrleitung zwischen dem Trinkwassererwärmer und der Entnahmestelle. Großanlagen müssen mit Zirkulationssystemen versehen werden. Alternativ oder ergänzend zur Zirkulationsleitung können Begleitheizungen eingebaut werden. Das Wasser am Austritt des Trinkwassererwärmers muss stets eine Temperatur von ≥ 60 °C einhalten. Die Wassertemperatur im System darf um nicht mehr als 5 K niedriger sein als die Wasseraustrittstemperatur am Erwärmer.

Die Regelung für den Trinkwassererwärmer ist so einzustellen, dass die Temperaturen eingehalten werden. Der Förderstrom in der Zirkulationsleitung gewährleistet die Einhaltung des Temperaturgrenzwertes: Die Zirkulationspumpe muss entsprechend dimensioniert werden, damit die untere Temperaturgrenze nicht unterschritten wird. Achtung! Sind Vorwärmstufen vorhanden, muss die Regelung den gesamten Speicherinhalt 1 x täglich auf 60 °C aufheizen. Zirkulationspumpen dürfen innerhalb von 24 Stunden maximal 8 Stunden abgeschaltet werden. Dies kann durch die Erwärmerregelung oder durch eine Schaltuhr erfolgen. Andere Signalparameter, wie beispielsweise

die Temperatur, sind mit einer Zeitüberwachung auszustatten, damit die Ausschaltzeit innerhalb von 24 Stunden nicht die 8 Stunden überschreitet. Die Energieeinsparverordnung (EnEV 2014) fordert im §12 Abs. 4 eine Vorrichtung zum automatischen Ein-/Aussschalten von Zirkulationspumpen.

Für die Regeltemperatur in Kleinanlagen wird 60 °C empfohlen. Betriebstemperaturen unter 50 °C sollten in jedem Fall vermieden werden. Der Betreiber ist auf eventuelle Gesundheitsrisiken (Legionellenwachstum) hinzuweisen.

Werkstoffe und Bauteile

Die Auswahl der Werkstoffe ist nach DIN 1988-200 vorzunehmen. Verzinkte Eisenwerkstoffe sollen im Warmwasserbereich nicht eingesetzt werden. Es sind alle DVGW-geprüften Werkstoffe verwendbar. Achtung! Blei ist schon seit 1962 für Neuinstallationen von Trinkwasseranlagen nicht mehr zugelassen. Bestehende Anlagen sollten dementsprechend baldmöglichst ausgetauscht werden. Die Rohrleitungen für Trinkwarmwasser sind nach DIN 1988-200 zur Begrenzung des Wärmeverlustes zu schützen. Die EnEV ist bei der Dämmung zu beachten.

Auch erwärmtes Trinkwasser ist ein Lebensmittel. Deshalb sind die Wassererwärmer nicht nur hinsichtlich ihrer Werkstoffe, sondern auch bezüglich der Möglichkeiten ihrer

Reinigung sorgfältig auszuwählen. Die Dimensionierung ist nach DIN 4708 vorzunehmen. Eine Überdimensionierung ist zu vermeiden, es sollte nicht mehr Energie verbraucht werden, als zur bestimmungsgemäßen Nutzung erforderlich ist.

Der Einbau von Trinkwassererwärmern mit Nenndrücken von 6 bar ist zulässig, wenn zusätzlich zum Sicherheitsventil ein Druckminderer eingebaut wird. Auf den Einbau eines Druckminderers darf verzichtet werden, wenn auf Grund der Versorgungssituation kein höherer Betriebsüberdruck als 4,8 bar an der Anschlussstelle des Trinkwassererwärmers auftreten kann.

Volumenstromermittlung nach spez. Wärmebedarf

Überschlägige Ermittlung von Volumenströmen zur Pumpenauslegung und Voreinstellung von Strangregulierventilen in Trinkwarmwasser-Zirkulationsanlagen

spez. Wärmebedarf je m Warmwasserleitung	spez. Volumenstrom je m Warmwasserleitung bei Δθ zulässigem Temperaturabfall				
Rohrleitung	\dot{Q}_{spez}	\dot{V}_{spez} bei 2 K	\dot{V}_{spez} bei 3 K	\dot{V}_{spez} bei 4 K	\dot{V}_{spez} bei 5 K
frei verlegt im Keller/ nicht beheizte Räume	11 W/m	4,6 l/h	3,1 l/h	2,3 l/h	1,8 l/h
im Schacht bzw. in der Wand verlegt	7 W/m	2,9 l/h	1,9 l/h	1,5 l/h	1,2 l/h

$$Q_{Pu} = \dot{V}_{Pu} \text{ oder } \dot{V}_{SR}$$

$$Q_{Pu} = l \cdot \dot{V}_{spez} \text{ l/h}$$

l: Die Länge der Versorgungsleitungen der Trinkwarmwasseranlage mit Zirkulationsleitung

\dot{V}_{spez} : Spezifischer Volumenstrom je m Rohrlängung bei Δθ

\dot{Q}_{spez} : Spezifischer Wärmebedarf je m Rohrlängung gemäß W 553/Tabelle 3

Pu = Pumpe
SR = Strangregulierventil
(siehe auch Seite 11)

Bild 4: Daten zur Dimensionierung von Pumpen und Drosselventilen (nach Wilo-Brain Tipps und Tricks, S. 7)

Pumpendimensionierung und Komponentenauswahl

Alle Neuinstallationen der Versorgung mit Trinkwarmwasser einschließlich des dazugehörigen Zirkulationssystems sind nach DIN 1988 und dem DVGW-Arbeitsblatt W 553 zu berechnen und zu dimensionieren. Für die Zirkulationsleitung ist in den Steigesträngen bzw. in den Versorgungszonen pro Strang/Zone ein Drosselventil zur Einstellung des Volumenstromes vorzusehen. In den vorderen Strängen oder Zonen sind Ventile mit thermostatischem Regler ohne Hilfsenergie zur automatischen Optimierung im Betrieb empfehlenswert. Das letzte oder die beiden letzten Ventile in einer Verteilleitung sollten nur manuelle Regulierventile sein. Wird z. B. eine mittlere Einspeisung gewählt, so sind jeweils rechts und links ein bis zwei manuelle Regulierventile einzubauen. Hierdurch wird sichergestellt, dass die Temperatur mind. 55 °C in der Zirkulationsleitung erreicht bzw. überschreitet.

In bestehenden Anlagen ist die Dimensionierung von Pumpen und Drosselventilen nach Wilo-Brain Tipps und Tricks (Bild 4) zur Förderstromermittlung zu empfehlen. Sind erkennbar alle Trinkwarmwasserleitungen einschließlich Zirkulation nach Heizanlagenverordnung bzw. EnEV wärmedämmung, kann der Wert aus der Spalte 4 K zur Berechnung verwendet werden. Die kompletten Rohrlängen von Trinkwarmwasser- und Zirkulationsleitungen müssen geschätzt und addiert werden. Es ist sinnvoll, den einfachen Weg zu ermitteln und dann mit 2 (für die Zirkulationsleitung) zu multiplizieren.

Angenommen, die waagerechte Rohrleitungslänge ist nach rechts 42 m mit 6 Steigesträngen und einer Etagenanbindung von 3 m versehen, dann ist das Ergebnis (Tabelle 1, S. 15) 625,2 l/h. Bei mittlerer Einspeisung (vgl. Bild 5) muss die Zirkulationspumpe also 1.250,4 l/h umwälzen.

Ist im sichtbaren Bereich der Rohrleitung erkennbar, dass die Trinkwarmwasserleitung mit einer geringeren Wärmedämmung versehen ist als nach Heizanlagenverordnung bzw. EnEV gefordert, wird mit dem Wert aus der Spalte 2 K gerechnet. Damit ergibt sich ein Auslegungspunkt für die Zirkulationspumpe laut Tabelle 2 (S. 15) von 2.443,2 l/h.

Dieses Vorgehen ist für die Praxis ausreichend. Bei bestehenden Anlagen ist es empfehlenswert, eine Kontrollmessung der Temperaturen an den Steigesträngen der Zirkulationsleitung durchzuführen. Auch am Warmwassererzeuger ist der Zirkulationseintritt zu prüfen. In unbekanntenen Anlagen ist aus Haftungsgründen eine Prüfung der Ist-Temperatur erforderlich. (Es ist vorgekommen, dass bei der Installation der Anlage gegen besseres Wissen gearbeitet wurde.) Das blanke Rohrmaterial kann z. B. im Mauerspeis liegen, somit ist eine garantierte Temperatur von ≥ 55 °C nicht erreichbar. In diesem Fall muss das gesamte System saniert werden.

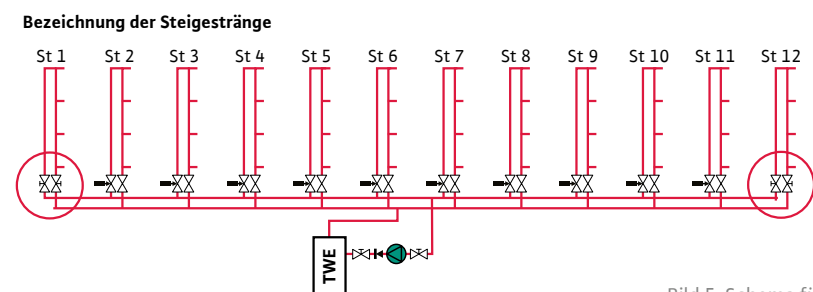


Bild 5: Schema für Steigestränge

Pumpenförderhöhe

Leistungsdiagramme von Pumpen sind in den Herstellerkatalogen immer mit dem Förderstrom zur Förderhöhe aufgeführt. Pumpen erzeugen einen Differenzdruck (Förderhöhe), ihre Pumpenkennlinie schneidet sich mit der Rohrnetzparabel/Anlagenkennlinie. Im Lot aus dem Schnittpunkt auf die x-Achse wird der von der Pumpe geförderte Förderstrom ablesbar (Bild 6).

Bei den ermittelten Werten der benötigten Fördermenge von $Q = 1.250,4 \text{ l/h}$ bzw. $2.443,2 \text{ l/h}$ bietet die Wilo-Stratos PICO-Z 25/1-6 ein entsprechendes Differenzdruckangebot von z. B. ca. 5 m bzw. ca. 2,6 m an. In neu zu errichtenden Anlagen wird der Schnittpunkt aus der Rohrnetzberechnung hervorgehen. Die Berechnung erfolgt nach DIN 1988. Notwendige Förderhöhen in bestehenden Anlagen sind nach Wilo-Brain Tipps und Tricks (Bild 7) zu ermitteln.

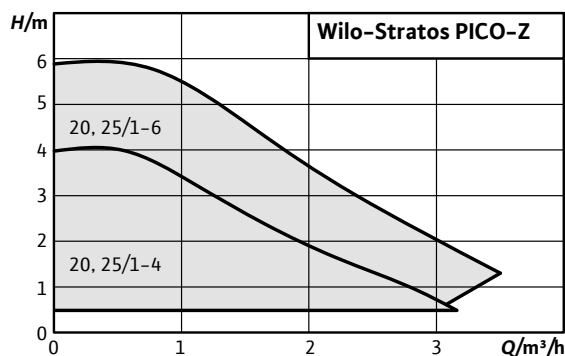
Nehmen wir aus dem obigen Beispiel die Rohrlänge des längsten Stranges, so kommen wir auf eine waagerechte Leitungslänge von 42 m, eine Strangleitung von 12 m (4-Etagen a 3 m) und einer Anbindeleitung von 3 m. Die Summe beträgt 57 m. Diese wird in die

Formel für l eingesetzt. Jetzt fehlt noch der Wert für R . In unserem Beispiel liegt das Anlagen- bzw. Gebäudebaujahr zwischen 1975 und 1985. Aufgrund von Erfahrungen können wir bei diesem Erstellungszeitraum von 100 Pa/m für den R -Wert ausgehen. Setzen wir die entsprechenden Werte in die folgende Formel ein, so erhalten wir für die Zirkulationspumpe einen Betriebspunkt von 1,14 m.

$$H_{\text{PU}} = \frac{R \cdot l \cdot ZF}{10.000} = \frac{100 \cdot 57 \cdot 2}{10.000} = 1,14 \text{ m}$$

Bei einer elektronisch geregelten Hocheffizienzpumpe wie der Wilo-Stratos PICO kann der Differenzdruck genau auf den ermittelten Betriebspunkt eingestellt werden. Bei diesen Pumpen ist es von Vorteil, dass eine stufenlose Sollwertvorgabe für den gewünschten Differenzdruck einstellbar ist. Dadurch kann eine Anpassung vorgenommen werden, wenn eine Kontrollmessung abweichende Ergebnisse von unter 55°C in der Zirkulationsleitung ergeben. Eventuelle hydraulische Probleme, die auf die Temperatur wirken, werden in einer Folgebroschüre erörtert, in der auch Lösungsansätze angeboten werden.

Bild 6: Pumpenleistungsdiagramm



Einstellung der Förderhöhe

Funktion

Anpassung der Pumpenleistung an tatsächlichen Bedarf zur

- Verhinderung von Ventilgeräuschen,
- Reduzierung des Stromverbrauches und
- Vermeidung von Fließerosionen.

Hinweis

- Eine zu hoch eingestellte Pumpenförderhöhe $H_{pu} > 2$ m führt zu Geräuschen und erhöhtem Stromverbrauch
- Zwei Differenzdruck-Regelarten Δp -c (constant) bzw. Δp -v (variabel) sind möglich (siehe Seite 9)

Wilo-Brain Tipps und Tricks

Pumpen-Förderhöhe:

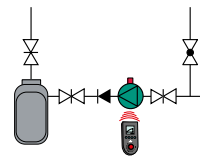
$$H_{pu} = \frac{R \cdot l \cdot ZF}{10.000} \text{ m}$$

R = 50 bis 500 Pa/m

l = Länge des ungünstigsten Stranges der Warmwasserversorgung in Meter (m)

ZF = Zuschlagsfaktor: Formstücke/Armaturen/Strangreguliventile = 2,0

H_{pu} = Förderhöhe der Pumpe so niedrig einstellen, wie zur einwandfreien Versorgung erforderlich.



Hocheffizienz-Pumpe
Wilo-Stratos PICO-Z

Bild 7: Ermittlung der Pumpenförderhöhe (aus Wilo-Brain Tipps und Tricks, S. 8)

Geregelte Trinkwasser-Zirkulationspumpen

Besonders in „neuen“ Anlagen sind Ventile mit thermostatischen Reglern in Verbindung mit geregelten Zirkulationspumpen zu empfehlen. Nach einem Zapfvorgang wird am betreffenden Steigestrang etwa die gleiche Temperatur zu messen sein, wie im Trinkwassererwärmer. Sie ist zu hoch, auf diese Weise wird unnötig Wärme abgegeben (Energieverschwendung). Die automatische Drosselfunktion des Ventils erzeugt eine Druckänderung, die von den Sensoren der Pumpe registriert wird. Dadurch verringert sich die Pumpendrehzahl und Antriebsenergie wird eingespart. Als Folgewirkung wird an den anderen Strängen nicht ein höherer Differenzdruck anstehen, mit dem Vorteil, dass die Durchflussmenge in diesen annähernd gleich bleibt. Auch für die Schichtung in einem Warmwasserspeicher ist die sich einstellende geringe Wassermenge günstig. Zusätzlich ist die Δp -t-Regelung (Differenzdruck = konstant und temperaturgeführt) bei größeren Zirkulationspumpen (z. B. Wilo-Stratos-Z) nutzbar. Bei steigender Mediumtemperatur wird der Differenzdrucksollwert automatisch abgesenkt. Die Mindestöffnung der Ventile mit thermostatischem Regler stellt sicher, dass eine Abkühlung am Temperatursensor in der Pumpe erfasst wird. Das bewirkt eine Erhöhung der Drehzahl, des Differenzdruckes und der Wassermenge. Voraussetzung für diese Betriebsart ist ein hydraulischer Abgleich.

Neben der Regelart Δp -c (Differenzdruck = konstant) und Δp -t besitzen geregelte Pumpen noch die Regelart Δp -v (Differenzdruck = variabel). Einsetzbar ist diese Regelart nur in Systemen mit Strangventilen inklusive thermostatischem Regler und Druckverlusten in der Verteilleitung, die genauso hoch sind wie die im Steigestrang.

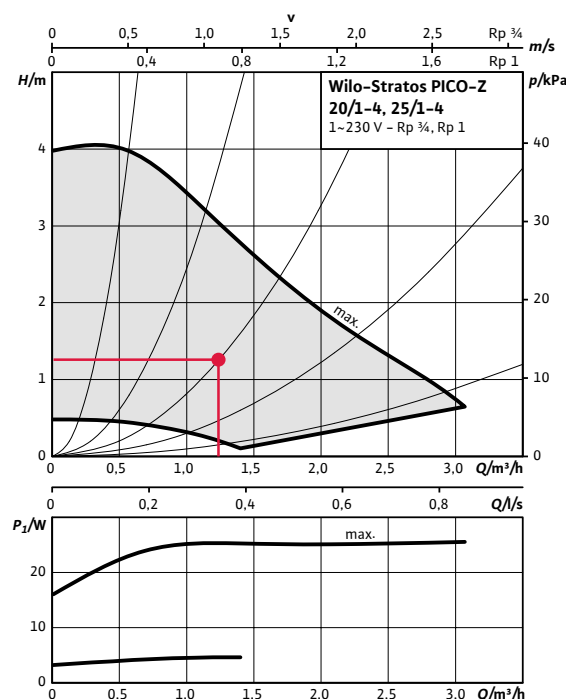


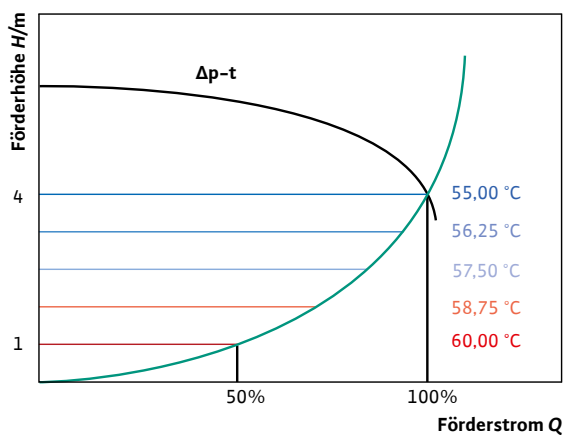
Bild 8: Wilo-Stratos PICO-Z 25/1-4 mit Betriebspunkt

Zum Einbau von Trinkwasser-Zirkulationspumpen

Zirkulationspumpen werden für den Zirkulationsstrom ausgelegt. Sie sind nicht für Trinkwarmwasser-Zapfmengen geeignet. Deshalb müssen sie in die Zirkulationsleitung eingebaut werden. Um zu vermeiden, dass die Pumpe bei einem Zapfvorgang entgegengesetzt der Strömungsrichtung durchströmt wird, muss eine Rückschlagklappe in die Zirkulationsleitung installiert werden. Eine falsche Durchströmung bei eingeschaltetem Pumpenmotor kann zur Zerstörung der Pumpe führen. Zuerst entsteht ein Lagerschaden. Bei falscher Wasserströmung folgt eine Übertemperatur im Motor, der Motor wird überlastet. Bei längerem Betrieb oder durch Wiederholungen kommt es zum Wicklungsschaden. Der Pumpeneinbau kann waagrecht, senkrecht oder schräg erfolgen.

Dabei muss jedoch die Pumpenwelle immer waagrecht angeordnet sein. Dies gewährleistet, dass die Wellenlager beim Nassläufer ausreichend Wasser zur Schmierung erhalten. Die Position des Klemmenkastens muss zwischen 9.00/12.00/3.00-Uhrstellung für den Tropfwasserschutz bei der Pumpenmontage gewählt werden. Wird Wasser erwärmt, kann dies zum Ausflocken von Kalk führen. Dies ist abhängig vom Härtegrad (Menge des gelösten Calciumhydrogencarbonats), von der Wasserzusammensetzung und der Temperatur des Wassers. Ab einer Wassertemperatur von ca. 65 °C flockt Kalk abhängig vom Härtegrad besonders stark aus. Da der Kalk enge Stellen verstopft und sensible Stellen angreift, hat das Betriebsstörungen zur Folge. Das passiert nicht nur bei Waschmaschinen, Wasserhähnen und Warmwasserverteilsystemen. Auch die Warmwasserversorgung kann beeinträchtigt werden, wenn die Trinkwarmwasser-Zirkulationspumpe durch Kalk angegriffen wird. Der Kalk setzt sich in den Lager-spalten des Motors oder an der Rotoroberfläche ab. Die Folge ist eine Leistungsreduzierung bis hin zur Blockierung der Pumpe. Auch in den Zirkulationsleitungen setzen sich die Kalkausfällungen ab und reduzieren den Rohr-Innendurchmesser. Darum geben die Zirkulationspumpenhersteller die Einsatzgrenzen in Härtegraden an. Die Einsatzgrenzen der Pumpen sind wie in Tabelle 3 (S. 15) gestaffelt. Der Planer und der Installateur müssen die Grenzbedingungen beachten und die Lebensmittelzulässigkeit prüfen. Standardpumpen sind immer für Heizungs- oder Industrierwasser ausgelegt. Lager in Nassläufern und Gleitringdichtungen bei Trockenläufern müssen für Trinkwasser geeignet sein. Kunststoffteile wie Dichtungen und Laufräder müssen den KTW-Empfehlungen des Bundesamtes für Veterinärmedizin und vorbeugenden Verbraucherschutz (BGW) sowie den Anforderungen des DVGW-Arbeitsblattes W 270 und der DIN 50930-6 entsprechen. Achtung! Standardheizpumpen dürfen nicht in Trinkwasseranlagen eingebaut werden!

Bild 9: Δp -t-Regelung



	Entfernung <i>m</i>	Etagen Anzahl	\dot{V}_{spez} l/h	Förderstrom l/h	Stränge Anzahl	Förderstrom l/h
waagerechte Rohrleitung im Keller	42	0	2,3	96,6	1	96,6
Etagenhöhe	3	4	1,5	18	6	108,0
Etagenanzahl	3	4	1,5	18	6	108,0
Fördervolumen für den rechten Teil bei mittiger Einspeisung ohne Zirkulation						312,6
Fördervolumen für den rechten Teil bei mittiger Einspeisung mit Zirkulation						625,2
Gesamtförderstrom, den die Zirkulationspumpe erbringen muss					2	1.250,4

Tabelle 1: Ermittlung des Förderstroms

	Entfernung <i>m</i>	Etagen Anzahl	\dot{V}_{spez} l/h	Förderstrom l/h	Stränge Anzahl	Förderstrom l/h
waagerechte Rohrleitung im Keller	42	0	4,6	193,2	1	193,2
Etagenhöhe	3	4	2,9	34,8	6	208,8
Etagenanzahl	3	4	2,9	34,8	6	208,8
Fördervolumen für den rechten Teil bei mittiger Einspeisung ohne Zirkulation						610,8
Fördervolumen für den rechten Teil bei mittiger Einspeisung mit Zirkulation						1.221,6
Gesamtförderstrom, den die Zirkulationspumpe erbringen muss					2	2.443,2

Tabelle 2: Ermittlung des Förderstroms bei veränderter Wärmedämmung

Zirkulationspumpen- bauart	max. Betriebstempe- ratur °C	Härte °dH	mmol/l	Kurzbetrieb ≤ 2 h °C
Nassläufer allgemein	65	14	1,5	nein
Wilo Nassläufer klein	65	18	3,2	70
Wilo Nassläufer groß	65–80	18–20	3,2–3,6	80–110
Trockenläufer allgemein	< 100	> 14	> 2,5	nein

Tabelle 3: Einsatzgrenzen für Pumpen nach Härtegrad in Trinkwasserzirkulationsanlagen



Hydraulik

Wenn wir uns dem Thema „Hydraulik in Trinkwarmwasser-Zirkulationsanlagen“ zuwenden, werden wir auf Bauteile wie Warmwassermengenregler, unterschiedliche Regulierventile, Schwerkraftbremse, Enthärtungsanlage und Trinkwasserfilter eingehen. Außerdem behandeln wir die Fließgeschwindigkeit und Leitungen ohne Zirkulation. Das Ziel bleibt unverändert: die Qualität der Ausführung und den Betrieb der Trinkwarmwasser-Zirkulation zu sichern.

Aus dem täglichen Leben wissen wir, dass Wasser – da flüssig – sich immer ausbreitet und dabei den geringsten Widerstand sucht. Der Wasserfluss wird durch Reibungs- und Haftungswiderstände beeinflusst. Für eine Wasseransammlung sind Becken, Mulden oder Kavernen mit wasserdichten Umgebungsböden und Wänden notwendig. Um Wasser gezielt an einen Punkt zu transportieren, benötigt man Behälter – wie Schöpfkellen, Eimer, Fässer – oder Rinnen bzw. Rohrleitungen. In der Gebäudetechnik werden grundsätzlich Rohrleitungen genutzt.

Damit ein Zirkulationssystem für eine Trinkwarmwasseranlage zur vollsten Zufriedenheit funktioniert, sind beim hydraulischen Aufbau des Systems einige Grundsätze zu beachten. So hat z. B. die Dimensionierung der Rohrnennweiten nach der DIN 1988 und dem DVGW-Arbeitsblatt W 553 zu erfolgen. Für einen korrekten Mengendurchfluss in den Zirkulationsleitungen ist der hydraulische Abgleich zwischen den einzelnen Strängen erforderlich.

Auslegung des Rohrnetzes

Der hydraulische Abgleich zwischen den Strängen bedeutet, dass gleiche Widerstände dem strömenden Wasser entgegengesetzt werden. Widerstände im Rohrsystem sind die gerade Rohrleitung, Wegteilungen (T-Stücke) und Richtungsänderungen (Bögen). Je kleiner der Rohrdurchmesser ist, um so größer wird der Reibungswiderstand. Durch Berechnung kann den unterschiedlichen Flussmengen derselbe Reibungswiderstand entgegengesetzt werden. Um die Wirtschaftlichkeit von Installationen zu erreichen, fertigt die Industrie Rohre in Standardnennweiten. Die fließende Wassermenge wird aufgrund des Rohrstandards in der Praxis auf mehr oder auf weniger Widerstand treffen, sodass die Durchflussmenge größer oder kleiner als gewünscht ist. Es sind Armaturen erforderlich, mit denen der ermittelte Widerstand für das Rohrsystem eingestellt werden kann.

In der Regel wird bei der Auslegung die Rohrleitung mit dem geringeren Widerstand ausgewählt. Ein

kleinerer Rohrdurchmesser kann im Betriebszustand eine zu geringe Durchflussmenge zur Folge haben. Daher sind Drosselarmaturen erforderlich, mit denen die gewünschte Wassermenge eingestellt werden kann. Bei Neuinstallationen wird der Einstellwert für das Regulierventil der Rohrnetzrechnung entnommen. In bestehenden Systemen ist der Einstellwert überschlägig aus den Wilo-Brain Tipps und Tricks (Bild 10) abzuleiten.

Pauschal ist davon auszugehen, dass die Zirkulationsförderströme in den pumpennahen Steigleitungen klein und in der pumpenfernsten Steigleitung groß sind. Bei gleichen Nennweiten der Steigleitung und der Strangventile ist daher eine kleine bis große Voreinstellung vorzunehmen. Mittels der Voreinstellung wird ein dem Wärmeleistungsbedarf angepasster Förderstrom erreicht. So werden Überversorgungen durch zu große Pumpleistungen sowie Unterversorgungen, die zur Verkeimung führen, verhindert.

Strangregulierventil/thermostatischer Stellantrieb

Funktion

Anpassung der Zirkulationsmenge des Stranges durch das Strangregulierventil (SR) an die Wärmeabgabe der Strangleitung.

Hinweis

Nur voreingestellte Strangregulierventile (mit oder ohne thermostatischen Stellantrieb) begrenzen den Volumenstrom.

Wilo-Brain Tipps und Tricks

- Volumenstrombegrenzung im Zirkulationsstrang:
 → spezifischer Volumenstrom (siehe Tabelle Seite 7).
 → kleine – mittlere – große Zirkulationsleistung =
 kleiner – mittlerer – großer Einstellwert.
 → Auslegungsdifferenzdruck für das Strangregulierventil (SR): 20 bis 100 mbar.

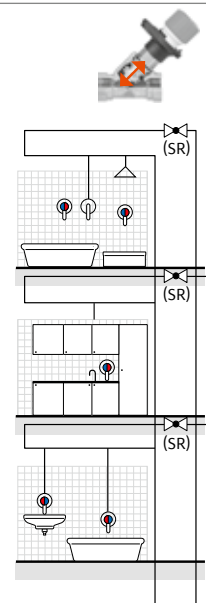


Bild 10: Einschlägige Einstellwerte (nach Wilo-Brain Tipps und Tricks, S. 12)

Regulierventil

Weil der pumpenfernste Zirkulationsstrang mit der kleinsten Temperaturdifferenz und der größten Leitungslänge auf $\geq 56\text{--}57\text{ °C}$ gehalten werden muss, ist immer die maximale Einstellung zu wählen. In den anderen Strängen ist die Einstellung zwischen 0 bis 2 an den Strangregulierventilen (Bild 12) üblich (und nicht die Einstellung auf 3–5).

Anstelle der Standard-Regulierventile sind Thermo-Zirkulationsregulierventile (Bild 13) zu empfehlen. Diese Armaturen mit Antrieb ohne Hilfsenergie reduzieren den Volumenstrom auf das erforderliche Maß im Betrieb. Sobald die Regeltemperatur durch zu großen Förderstrom überschritten wird, drosseln sie den Durchfluss auf ein Mindestvolumen.

Aber auch hierbei gilt die Aussage, dass der maximale Förderstrom begrenzt, also voreingestellt werden muss. Ohne Begrenzung fließt sonst während einer Speicherladung viel zu viel Wasser. Die Zeitdauer des Absinkens der Temperatur auf $\leq 55\text{ °C}$ in Zirkulationsteilen, die fern der Zirkulationspumpe liegen, wird unnötig lang. Die Speicherladezeit wird oft nur aufgrund der Speichergröße und der Heizleistung der Wärmeversorgung ermittelt; zusätzliche Mengen wie der Zirkulationsstrom fließen nicht ein. In der Praxis stellen sich dann Zeiten > 40 Minuten ein, bis der Speicher 60 °C erreicht. Also 20 Minuten länger als im Regelfall!

Sinnvoll sind thermostatische Zirkulationsregulierventile, die für eine thermische Desinfektion ausgelegt sind. Im Temperaturbereich $65\text{--}75\text{ °C}$ des Mediums sollte etwa die doppelte Wassermenge als das Mindestvolumen fließen (vgl. Bild 11). Ein voreingestelltes Standard-Regulierventil ist im letzten Strang des Zirkulationssystems einzubauen. Der letzte Strang hat die Aufgabe der Temperaturhaltung für die Verteilung, Strangleitung und Zirkulationsleitung zwischen Pumpe und letztem Abnehmeranschluss. Bei Zapfvorgängen ist die Temperatur bei Eintritt in die Zirkulation $> 59\text{ °C}$. Die thermostatischen Zirkulationsregulierventile vermindern den Durchfluss auf die minimale Umlaufmenge. Diese ist aber nicht ausreichend, weil die Wärmeabgabe in der Zirkulationsleitung zwischen Speichereintritt und letztem Strangabgang größer ist, als die minimale Zirkulationsmenge zuführt. Die Eintrittstemperatur in den Speicher liegt unter 55 °C .

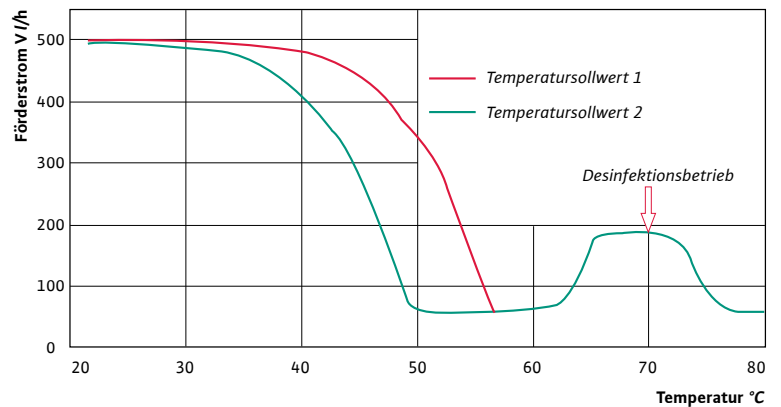


Bild 11: Desinfektionsbetrieb (Quelle: Oventrop)



Bild 12: Strangregulierventil (Quelle: Oventrop)



Bild 13: Thermo-Zirkulationsregulierventil (Quelle: Oventrop)

Abtragungen in Anlagen durch Fließgeschwindigkeit

Zu große Umwälzmengen in den Zirkulationsleitungen sind Energiefresser. Die zugeführte Antriebsenergie für die Zirkulationspumpe ist größer als notwendig. Die Pumpe wird teurer, weil sie größer ausgelegt werden muss. Gleichzeitig gefährdet die erhöhte Umlaufmenge auch die Betriebssicherheit. Nicht nur der Abrieb in den Lagern von Motoren und Wellen bedeutet Verschleiß und damit begrenzte Betriebszeiten. Strömendes Wasser reibt an den Rohrwänden und trägt das Material ab. Deshalb sind diese nach ca. 30 bis 50 Jahren in der Gebäudetechnik auszutauschen. Korrosionen und Erosionen verkürzen ebenfalls die Rohrlebensdauer.

Korrosionen sind durch richtige Materialauswahl auszuschließen. Erosionen hängen von der Materialart, Fließgeschwindigkeit und der Strömungsführung ab. Starke Erosionen gibt es an scharfkantigen Übergängen und Richtungsänderungen. So ist es in der Vergangenheit in Installationen mit einer Fließgeschwindigkeit $>0,5\text{ m/s}$ zu Rohrbrüchen an Rohrübergängen und Formstücken gekommen. Auf Grund dieser Erfahrung ist in der DIN 1998 (Teil 3, Abschnitt 14) die Fließgeschwindigkeit in Zirkulationsleitungen auf $<0,5\text{ m/s}$ begrenzt. Im Beuth-Kommentar von Boger-Heinzmann-Otto-Radscheit wird empfohlen, mit höchstens $0,4\text{ m/s}$ bei der Auslegung zu rechnen. Auf Seite 126 in ihrem Kommentar empfehlen die Verfasser nur $0,3\text{ m/s}$ für Kupferrohre.

Achtung! In bestehenden Anlagen dürfen die Geschwindigkeiten nicht überschritten werden. Bei Teilsanierungen und Erneuerungen von Strangarmaturen ist der Einsatz von Mengenbegrenzern zu empfehlen! In „Neu-Installationen“ können Fließgeschwindigkeiten um 1 m/s in Zirkulationsleitungen geplant werden. Zu beachten ist, dass nur Kupfer-, Edelstahl- oder Kunststoffrohre nach den Normen und Richtlinien, wie in der Trinkwasserverordnung zur Trinkwasserinstallation UBA-Liste aufgeführt, zum Einsatz kommen!

Durchflussbegrenzer sind Differenzdruckregler, welche den Druck vor und nach dem eigenen Ventilsitz prüfen und den Druckabfall konstant halten. Ist der Druckabbau in einem Ventil konstant, so ist auch der Mengendurchfluss konstant. Bei zu geringem Druck wird die eingestellte Menge unterschritten. Ein Überschreiten der vorgegebenen Menge wird auch bei einem viel zu großen Druckangebot sicher verhindert. Rohrschäden durch zu hohe Geschwindigkeiten sind durch korrekte Einstellungen bei Inbetriebnahmen und Wartungsarbeiten ausgeschlossen.

Wassermengenregler/Strangregulierventil

Funktion

Der Wassermengenregler (WM) hält die Wassermenge im Zirkulationsstrang konstant. Das Strangregulierventil (SR) begrenzt den Volumenstrom nur bei Volllast.

Hinweis

Beim Wassermengenregler (WM) sind Volumenstrom und Fließgeschwindigkeit auch bei Teillast begrenzt. Beim Strangregulierventil (SR) sind Volumenstrom und Differenzdruck bei Teillast nicht begrenzt.

Wilo-Brain Tipps und Tricks

→ Bei alten Kupferinstallationen sollte die max. Fließgeschwindigkeit in den Zirkulationssträngen durch Wassermengenregler (WM) auf $\leq 0,5\text{ m/sec}$ begrenzt werden.

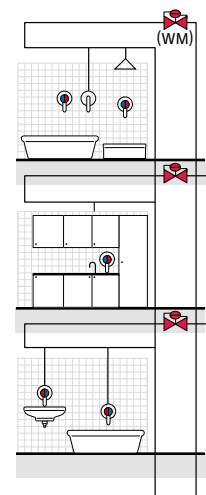


Bild 14: Wassermengenbegrenzer (Tipps und Tricks, S. 13)

Gestaltung der Zirkulationsrohrleitung

Die beste Führung der Zirkulationsrohrleitung ist gegeben, wenn die Zirkulationsanbindung nach der letzten Zapfstelle erfolgt (siehe Bild 15). Hierbei ist zu beachten, dass die Armatur direkt an einem T-Stück angeschlossen wird. Die Entfernung zwischen Armatur und T-Stück sollte $\leq 0,1$ m (rote Pfeile in Bild 15) betragen. Somit wird ein sofortiger Warmwasseraustritt beim Öffnen der Armatur erreicht. Alle Rohrstücke werden durch die Zirkulation durchströmt.

Entsprechend der DIN 1988 und den DVGW-Arbeitsblättern W 551 bis W 553 dürfen bei der Etagen- oder Wohnungsanbindung Rohrstücke ohne Zirkulation verlegt werden. Für den Rohrteil, der ohne Zirkulation bleibt, muss der Wasserinhalt ≤ 3 l sein.

Bei der Volumenermittlung ist der Wasserinhalt aller Rohrteile nach dem Abgang vom Steigestrang festzustellen (Bild 16). Es sind der Inhalt der Rohrteile nach Tabelle 5 für die Wohnungsanbindung und der einzelnen Zapfstellen zu addieren. Dies gilt für alle Installationen in Trinkwarmwassersystemen, die dem Gebrauch durch Menschen dienen.

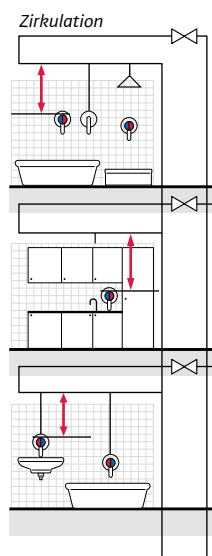


Bild 15: Bestmögliche Anbindung der Zirkulation

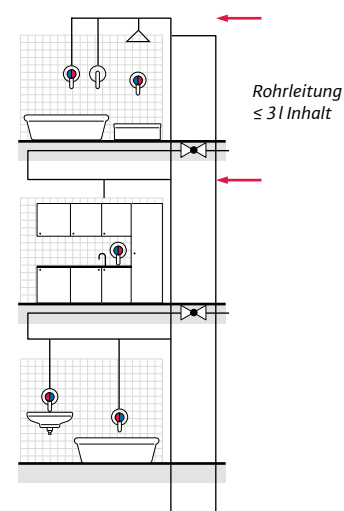


Bild 16: Rohrführung mit Rohrteilen ohne Zirkulation (Inhalt ≤ 3 l)

Rohrnenntweite DN	$d_a \cdot S$ mm	d_i mm	V l/m
10	12 · 1	10	0,079
12	15 · 1	13,0	0,133
15	18 · 1	16,0	0,201
20	22 · 1	20	0,314
25	28 · 1,5	25,0	0,491
32	35 · 1,5	32,0	0,804
40	42 · 1,5	39,0	1,195
50	54 · 2	50,0	1,963
65	76,1 · 2	72,1	4,083
80	88,9 · 2	84,9	5,661
100	108 · 2,5	103,0	8,332

Tabelle 5: Wasserinhalt pro Meter

Beispiel: Eine Wohnung ist mit einer DN 20 Rohrleitung von 5 m Länge angebunden. Die Verbindung zu den Armaturen im Bad und in der Küche gehen von dieser Leitung ab. Der Waschtisch, die Dusche, die Badewanne sind mit 0,6 m und die Küche mit 4 m Rohrlänge in DN 12 angeschlossen. Zur Kontrolle wird der Wasserinhalt ermittelt. Wie die Tabelle 6 zeigt, ist der Inhalt der Wohnungsanbindung mit 2,34l unter dem maximal zulässigen Wert von 3l.

In der DIN und in den DVGW-Arbeitsblättern ist der Wasserinhalt aufgrund hygienischer Anforderungen

begrenzt. Durch Komfortansprüche ist auch noch ein Zeitfaktor für die Menge zu berücksichtigen. So besteht nach dem üblichen Standard die Forderung, dass fließendes Trinkwarmwasser nach zehn Sekunden mit einer Temperatur von 45 °C zur Verfügung steht, wobei nicht mehr als 5l Wasser abgezapft werden dürfen (Amtsgericht Schöneberg, Urteil vom 29.04.1996 – 102 C 55/94). Bei Einhaltung der 3-l-Regel und Verwendung von Rohrleitungen, die nach Heizanlagenverordnung bzw. nach EnEV wärme gedämmt sind, werden alle Forderungen erfüllt.

Tabelle 6:
Wasserinhalt
Wohnungsanbindung

		Rohrleitung	Entfernung	Inhalt	
		DN	m	l/m	l/m
Verbindung	Wohnungsanbindung	20	5,0	0,314	1,57
	Waschtisch	12	0,6	0,133	0,08
	Dusche	12	0,6	0,133	0,08
	Badewanne	12	0,6	0,133	0,08
	Küche	12	4,0	0,133	0,53
				Σ	2,34

Falsche Durchströmung

Wird Trinkwarmwasser sowohl über die Zirkulationsleitung als auch über die Versorgungsleitung zur Zapfstelle geführt, so wird die Zirkulationsleitung falsch durchströmt. Die Mengenverteilung in der Warmwasserleitung und der Zirkulationsleitung ist vom Druckverlust in den Rohrleitungen und deren Einbauten abhängig.

Unabhängig von der Durchflussmenge in der Zirkulationsleitung wird durch die falsche Durchströmung eine laufende Zirkulationspumpe beschädigt. Das falsche Durchströmen der Zirkulationspumpe verhindert die Kühlung des Motors und die Schmierung von Gleitlagern und Gleitringdichtungen. Bei Trockenläuferpumpen wird die Gleitringdichtung innerhalb von 1 s geschädigt. Es kann zum Wasseraustritt an der Gleitringdichtung kommen.

Nassläuferpumpen erhalten nicht die erforderliche Kühlleistung. Je nach Medientemperatur und Zeitdauer der falschen Durchströmung bekommt die Pumpe einen Lager- oder Motorschaden. Weder ein Motorschutzschalter noch ein Temperaturfühler in der Zirkulationspumpe können einen Schaden verhindern. Der Motor wird durch seine Absicherungselemente gegen sofortige Zerstörung geschützt. Aufgrund der Temperatursteigerung wird das Wasser im Spaltrohr verdampfen und die Lager werden trockenlaufen, woraus ein Lagerschaden folgt. Weil Dampf im Rotorraum den Motor nicht ausreichend kühlt, wird die Motorwicklung beschädigt und nach einiger Zeit verbrennen. Temperatursensoren in der Motorwicklung schalten über das Auslösegerät die Pumpe aus. Das Nachheizen bewirkt eine vorzeitige Alterung der Wicklungsisolierung und nach etwa dem zehnten Ansprechen des Auslösegerätes kommt es zu einer Wicklungszerstörung.

Korrekte Wasserströmung

Für eine korrekte Wasserströmung beim Zapfen von Trinkwarmwasser ist eine Schwerkraftbremse (Rückschlagklappe) oder ein Rückflussverhinderer (Rückschlagventil) in der Zirkulationsleitung erforderlich. Der Einbau kann entweder direkt an der Zirkulationspumpe erfolgen oder es wird in jeder Steigeleitung ein Rückflussverhinderer montiert. In großen Anlagen ist der Einbau eines Rückflussverhinderers in jeder Steigeleitung zu empfehlen. Fehlzirkulationen bei ausgeschalteter Pumpe sind ausgeschlossen. Zur Auswahl sollten nur solche Produkte kommen, die einen Öffnungsdruck von ≤ 20 mbar besser ≤ 10 mbar besitzen. Bei Montage der Schwerkraftbremse ist darauf zu achten, dass diese bei vertikaler Rohrführung und Montage an der Pumpe immer unterhalb der Pumpe eingebaut wird. Eine waagerechte Rohrführung oder Montage direkt oberhalb der Pumpe erfordern Schwerkraftbremsen mit Luftschleuse. Gasausscheidungen können sich somit nicht zwischen Pumpe und Rückschlagarmatur setzen, Störungen werden vermieden. Halb mit Gas gefüllte Pumpenlaufräder können die Rückflusseinrichtung nicht aufdrücken, wodurch die Zirkulation verhindert wird! Die Zirkulation kann auch nicht

aufrechterhalten werden, wenn im Zapfbetrieb der Druckunterschied zwischen Zapfstelle auf der einen und Versorgungsdruck am Trinkwassererwärmer auf der anderen Seite größer ist als der Zirkulationspumpendruck. Der Rückflussverhinderer wird schließen und die Pumpe arbeitet gegen ein geschlossenes System. Ein Wasserdurchfluss in der Zirkulationspumpe ist somit nicht mehr vorhanden und die Pumpe wird das Wasser erwärmen. Wenn bekannt ist, dass die Pumpe länger als eine Stunde gegen ein geschlossenes System arbeitet, sollte sie zur Vermeidung von Schäden durch Übertemperatur ausgeschaltet werden. In Wohnungen ist in der Regel morgens zwischen 6:00 und 8:00 Uhr und abends zwischen 19:00 und 21:00 Uhr die Hauptbade- und -duschzeit. Da beim Zapfen die Versorgungsleitung ungefähr die maximale Versorgungstemperatur erhält, fällt die fehlende Zirkulation nicht auf. In der Praxis hat sich gezeigt, dass während dieser Zapfzeiten die Zirkulationspumpen in Viertelstundenrhythmen ein- und ausgeschaltet werden können. Es gab keine Anlässe für Klagen, dass es zu mangelndem Komfort oder zum vorzeitigen Pumpenausfall gekommen sei.

Härte des Trinkwassers

Der Einsatz von Enthärtungsanlagen führt im Hinblick auf den Korrosionsschutz nicht zur Verbesserung der Wasserqualität. Ihre Bedeutung ist vor allem bei sehr harten Trinkwässern zur Verringerung der Steinbildung in der Trinkwassererwärmung zu sehen. Darüber hinaus ist dies eine Maßnahme, um etwaigen persönlichen Ansprüchen der Verbraucher nach weicherem Wasser entgegenzukommen. Ionenaustauscher werden in der Trinkwasserinstallation vor allem zum Enthärten bzw. Teilenthärten des Trinkwassers eingesetzt. Dabei werden an stark sauren Harzen, die in der Regel in Natriumform vorliegen, die Härtebildner Calcium und Magnesium gegen Natrium ausgetauscht. Damit verringern die Geräte zwar die Härte, aber nicht den Gesamtsalzgehalt des jeweiligen Wassers. Das so entstehende voll enthärtete Wasser wird normalerweise mit einem Teilstrom Hartwasser auf eine Härte verschnitten, die nach der bisherigen EG-Richtlinie für die Trinkwasserqualität 1,5 mol/m³ Calcium nicht unterschreiten sollte. Nach TrinkwV 2013 §7, muss die Wasserstoffionenkonzentration zwischen pH ≥ 6,5 und pH ≤ 9,5 liegen.

Enthärtungsanlagen sind in Flussrichtung vor dem Trinkwassererwärmer einzubauen. Hierdurch wird ein Verkalken von Erwärmer, Rohrleitung, Armaturen und Zirkulationspumpen vermieden. In der Praxis sind Enthärtungsanlagen oberhalb des Härtegrades II nach Waschmittelgesetz §7 zu empfehlen. Härteres Wasser führt zu Beeinträchtigungen durch Ablagerungen an Armaturen, Trinkwarmwasserbereitern

und Pumpen. Der Wärmeübergang im Trinkwarmwasserbereiter wird verschlechtert und es entstehen längere Aufheizzeiten. Durch das stetige Nachwachsen der Ablagerungen setzen sich Rohrleitungen zu und Auslaufarmaturen lassen sich nicht mehr richtig schließen. Zirkulationspumpen sind nur für bestimmte Härtegrade zugelassen (siehe dazu Kapitel Pumpe und Regelung).

Trinkwasserfilter sind vor allen Armaturen nach dem Wasserzähler des Versorgungsunternehmens zu installieren. Den Filtern in der Trinkwasserinstallation kommt die größte Bedeutung im Sinne des Korrosionsschutzes zu Beginn des Betriebes zu. Dies gilt einmal deshalb, weil am Anfang bei den metallischen Werkstoffen die Bildung von Deckschichten bzw. Schutzschichten noch nicht stattgefunden hat. Zum anderen ist das Risiko einer Verschmutzung von außen zu Beginn des Betriebes einer Trinkwasserinstallation am größten. Dies ist z. B. dann der Fall, wenn ein Gebiet, in dem das neuerstellte Gebäude liegt, ein Neubaugebiet ist oder wenn eine neue Hausanschlussleitung gelegt wurde. In diesem Fall ist in den Versorgungsleitungen mit Verunreinigungen aus der Zeit nach der Verlegung zu rechnen, die mit Spülmaßnahmen nicht entfernt wurden und die mit dem steigenden Wasserbedarf, der eine entsprechende Fließgeschwindigkeiten zur Folge hat, dann in die Hausanschlussleitung und in die Trinkwasserinstallation transportiert werden können (siehe Bild 17).

Trinkwasserfilter

Funktion

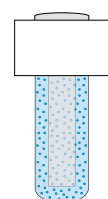
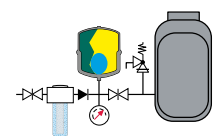
Trennung der Schmutzpartikel aus dem Trinkwasser.

Hinweis

Der Verzicht auf die Reinigung des Trinkwassers nach der Inbetriebnahme und während des Betriebes kann Störungen, Schäden und Verkeimung verursachen.

Wilo-Brain Tipps und Tricks

- Nach Inbetriebnahme der Anlage bzw. in notwendigen Abständen oder permanent das Trinkwasser reinigen.
- Bei Flanschführung des Trinkwasserfilters den Verschmutzungsgrad über den Differenzdruck kontrollieren.
- Absperrorgane vorsehen.
- Filter regelmäßig warten, damit eine Keimbildung verhindert wird.



Trinkwasserfilter

Trinkwasserfilter

Ein nachträglicher Einbau von Filtern in der Trinkwasserinstallation ist in aller Regel nicht notwendig und ist für die Vermeidung bzw. nachträgliche Verringerung von möglichen Korrosionsschäden ohne Bedeutung. Eine derartige Maßnahme ist nur gerechtfertigt, wenn damit zu rechnen ist, dass regelmäßig aus technischen Gründen eine Verunreinigung des Trinkwassers durch Schmutzpartikel stattfindet, die hygienisch störend ist und aus diesem Grunde eine Behandlung des Trinkwassers erforderlich macht. Alte Versorgungsnetze mit häufigen Rohrbrüchen und Liegenschaften, bei denen Sanierungen geplant sind, müssen deshalb zum Schutz mit Filtern ausgestattet werden.

Durch den Einbau von Filtern können Druckverluste innerhalb der Trinkwasserinstallation auftreten, die dann, je nach Konzeption und Technik des Filters, eine Rückspülung bzw. einen Austausch der Filterkerze (des Filtersiebes) erforderlich machen. In der DIN EN 806-5 werden dafür Wartungsintervalle (2–6 Monate) vorgeschrieben.

Achtung! Wenn die Trinkwarmwasserversorgung und die Trinkkaltwasserversorgung je mit einem Filter ausgestattet werden, kann es aufgrund der unterschiedlichen Verschmutzung zu Unterversorgungen kommen. Das Mischverhältnis in den Auslaufarmaturen ändert sich und Temperaturschwankungen entstehen je nach Zapfmenge.

Die Beurteilung der Verschmutzung des Filters aufgrund seiner optischen Beschaffenheit führte bei vielen der früher üblichen sehr feinen Filtern zu einer Fehlinterpretation. Bereits geringste Mengen an gelöstem Eisen führten zu einer massiven Verfärbung der meist weißen bis gelblichen Filterkerzen. Diese „Enteisungswirkung“ ist in zweierlei Hinsicht unerwünscht. Einmal täuscht sie eine Verschmutzung des Wassers vor, die aber nicht vorhanden ist, denn gelöstes bzw. geflocktes Eisen sind keine körnigen Schmutzpartikel im Sinne der zu vermeidenden Korrosionsprobleme. Zweitens wird unnötigerweise der Druckverlust durch den Filter schneller angehoben, als es sinnvoll ist. Durchlassweiten zwischen 80 und 160 µm sind heute üblich und stellen im Betrieb eine Verbesserung gegenüber der früheren Situation dar.



Sicherheit

Trinkwasser ist ein unverzichtbares Lebensmittel. Daraus vor allem erklärt sich der außerordentlich hohe Stellenwert, der der Wasserqualität zukommt. Die fachgerechte Installation, die Beachtung der hygienischen Anforderungen bei Montage- und Servicearbeiten, die Einhaltung von Prüfungen und Untersuchungen sowie die vorbeugende, kontinuierliche Wartung garantieren einen unbedenklichen Genuss und Gebrauch des Lebensmittels Trinkwasser.

Wasser für den menschlichen Gebrauch

Nur die Gewissheit, dass Wasser aus den Versorgungsleitungen unschädlich für den Menschen ist, ermöglicht den alltäglichen Gebrauch des Wassers in Küche und Bad. Wir sprechen deshalb vom Trinkwasser und nicht vom Brauchwasser. Die Anwendung erfolgt direkt am bzw. im Menschen. Es wird getrunken, wie vom Versorgungsunternehmen angeliefert, oder es wird verändert, z. B. durch Erhitzen. Für den Genuss werden verschiedene Stoffe wie Tee, Kaffee, Obstsaft, Gerste und Hopfen etc. zugesetzt. Bei all diesen Ergänzungen muss auf Reinheit geachtet werden. Auf keinen Fall dürfen durch Hinzufügen von Stoffen Krankheiten ausgelöst werden. Weder durch Erwärmen, noch durch Transport oder Lagern des Wassers dürfen Veränderungen stattfinden, die den Menschen gefährden. Aufgrund des Infektionsschutzgesetzes gibt es eine Trinkwasserverordnung. In der Trinkwasserverordnung 2001 sind erstmals verbindliche Definitionen vorgegeben worden. Für die Technische Gebäudeausrüstung trifft der §3 Begriffsbestimmungen grundlegende – hier auszugsweise wiedergegebene – Aussagen:

„Im Sinne dieser Verordnung

1. ist ‚Wasser für den menschlichen Gebrauch‘
Trinkwasser und Wasser für Lebensmittelbetriebe. Dabei ist
 - a) Trinkwasser alles Wasser, im ursprünglichen Zustand oder nach Aufbereitung, das zum Trinken, zum Kochen, zur Zubereitung von Speisen und Getränken oder insbesondere zu den folgenden anderen häuslichen Zwecken bestimmt ist:
 - Körperpflege und -reinigung,
 - Reinigung von Gegenständen, die bestimmungsgemäß mit Lebensmitteln in Berührung kommen,
 - Reinigung von Gegenständen, die bestimmungsgemäß nicht nur vorübergehend mit dem menschlichen Körper in Kontakt kommen.

Dies gilt ungeachtet der Herkunft des Wassers, seines Aggregatzustandes und ungeachtet dessen, ob es für die Bereitstellung auf Leitungswegen, in Tankfahrzeugen, in Flaschen oder anderen Behältnissen bestimmt ist ...

3. sind Hausinstallationen die Gesamtheit der Rohrleitungen, Armaturen und Geräte, die sich zwischen dem Punkt der Entnahme von Wasser für den menschlichen Gebrauch und dem Punkt der Übergabe von Wasser aus einer Wasserversorgungsanlage nach Nummer 2 Buchstabe a) oder b) an den Verbraucher befinden ...“.

Im Abschnitt 2 der Trinkwasserverordnung 2001 wird die Beschaffenheit des Wassers für den menschlichen Gebrauch konkret vorgegeben. In den §4 bis §6 sind die allgemeinen, mikrobiologischen und chemischen Anforderungen aufgeführt. Diese Forderungen sind auf jeden Fall zu erfüllen. Der Ort der Einhaltung ist in §8 klar definiert. Dort heißt es wiederum auszugsweise:

„Die nach §5 Abs.2 und §6 Abs.2 festgesetzten Grenzwerte sowie die nach §7 festgelegten Grenzwerte und Anforderungen müssen eingehalten sein

1. bei Wasser, das auf Grundstücken oder in Gebäuden und Einrichtungen oder in Wasser-, Luft- oder Landfahrzeugen auf Leitungswegen bereitgestellt wird, am Austritt aus denjenigen Zapfstellen, die der Entnahme von Wasser für den menschlichen Gebrauch dienen ...“.

Fachgerechte Installation und Montage- und Wartungsarbeiten

Der Inhaber des Gebäudes ist für die Einhaltung der Trinkwasserverordnung verantwortlich. Er erwartet vom Installateur eine Ausführung, die den Regeln und Normen entspricht, sowie eine fachgerechte Beratung.

Bei der Installation ist darauf zu achten, dass die Rohrleitungen im sauberen Zustand eingebaut werden. Dies kann nur erfüllt werden, wenn vom Hersteller über die gesamte Lieferkette zum Transport verschlossene Rohre genutzt werden. Formstücke und Aggregate müssen sachgerecht gelagert und transportiert werden. Bei größeren Pausen während der Bauzeit sind alle Öffnungen zu verschließen. Der Kadaver einer Maus im System kann tödliche Krankheiten erzeugen. Die Spülung nach Ausführung der Installation ist unerlässlich! Dieses ist auch für Rohr-

oder Armaturenteile nach Instandsetzungsarbeiten oder Wartungsarbeiten erforderlich. Zum Beispiel ist bei einem Austausch des Einsatzes im Trinkwasserfilter oder einer Gleitringdichtung in einer Pumpe das Teilstück zu spülen, die Montage kann mit sterilen Handschuhen erfolgen oder Verpackungsfolien werden erst unmittelbar nach der Montage komplett entfernt.

Für Montage und Wartungsarbeiten sind geeignete Werkzeuge und Werkzeugsätze zu verwenden, die nur für Arbeiten an Trinkwasserinstallationen zu benutzen sind. Werkzeuge, die auch für Tätigkeiten an anderen Systemen – z. B. Abwassersystemen – der technischen Gebäudeausrüstung genutzt werden, sind vor dem Einsatz für Arbeiten in Trinkwasserinstallationen zu desinfizieren!

Beeinträchtigung der hygienischen Qualität des Wassers

Trinkwasser ist jedoch nicht steril. Es enthält zahlreiche Organismen, die sich in Wasserverteilungssystemen vermehren können (z. B. auch Koloniebildner oder coliforme Keime gemäß TrinkwV §5). Im Folgenden werden deshalb diejenigen Organismen genannt, die innerhalb von Trinkwasseranlagen die hygienische Qualität des Wassers gegenüber der Qualität des von den Versorgungsunternehmen gelieferten Wassers negativ beeinträchtigen können:

- Legionellen
- atypische Mykobakterien
- Pseudomonas aeruginosa
- coliforme Keime
- pathogene Staphylokokken
- Biofilme
- heterotrophe Bakterien
- Einzeller

UV-Desinfektion

Kein Zutritt für Keime! Hygiene gewinnt bei der Konzeption innerhalb der Gebäudetechnik eine immer größere Bedeutung. UV-Entkeimungsanlagen dienen der Desinfektion von klarem Trinkwasser und der Legionellenprophylaxe im Warmwasserbereich. Um alle Mikroorganismen sekundenschnell zu inaktivieren werden die keimtötende Wirkung der UV-C-Strahlung bei 254 nm und eine Bestrahlungsdosis von 400 J/m² (DVGW-Empfehlung) ausgenutzt. Die integrierten UV-Überwachungseinrichtungen in handelsüblichen Anlagen stellen diese Mindestbestrahlungsdosis sicher. Dieser Sachverhalt wird sehr treffend von der DVGW beschrieben, auf deren Ausführungen wir – auch bei den anderen Desinfektionsarten – im Folgenden zurückgreifen.

Die mit dem Wasser transportierten Legionellen werden bei ausreichender Bestrahlung zuverlässig abgetötet. Ein genereller Hinweis über die erforderliche Bestrahlung (Dosis) ist nicht möglich. Sie ist abhängig von der Höhe der Kontamination mit Legionellen. Die Vermehrung der Organismen auf den besiedelten Oberflächen im System lässt sich durch UV-Bestrahlung nicht verhindern. Daher kann im Einzelfall nicht

gewährleistet werden, dass an der Entnahmestelle in der Peripherie einwandfreies Wasser bereitgestellt wird. Damit eine einwandfreie Wasserbeschaffenheit gewährleistet ist, muss das System in Abhängigkeit von der Kontamination zusätzlich intermittierend gereinigt, gespült, thermisch oder chemisch desinfiziert werden.

Die UV-Anlagen müssen für die vorgesehene Betriebstemperatur ausgelegt sein und permanent betrieben werden. In ausgedehnten Systemen können gegebenenfalls mehrere UV-Anlagen erforderlich sein. Der Einbauort für die UV-Anlagen richtet sich nach den örtlichen Gegebenheiten. Bei ausgedehnten Systemen ist es sinnvoll, z. B. den Steig- oder Stockwerksleitungen die UV-Anlagen zuzuordnen. Damit soll erreicht werden, dass die, z. B. auf den Oberflächen der Rohre, herangewachsenen und an das Wasser abgegebenen Legionellen möglichst vollständig erfasst werden. Die Verhinderung von keimwachstumsfördernden Kalkablagerungen durch regelmäßige Reinigung und Spülung eines weit verzweigten Rohrnetzes gewährleistet neben der UV-Entkeimung die lückenlose Hygiene.

Chemische Desinfektion

Chemische Desinfektionsmaßnahmen mit z. B. Chlor, das kontinuierlich zugegeben werden und dessen Konzentration innerhalb der Grenzwerte der gültigen Trinkwasserverordnung liegen muss, führen selten zu dem gewünschten Erfolg, weil die Konzentration und die Einwirkzeit nicht ausreichen, Legionellenkontaminationen wirksam zu vermeiden. Eine kontinuierliche Desinfektion mit Chemikalien ist deshalb nicht zweckmäßig.

Eine diskontinuierliche Zugabe von desinfizierenden Chemikalien in hoher Konzentration (z. B. Chlorbleichlauge, etwa 10 bis 15 mg/l freies Chlor an der Entnahmestelle) kann erforderlich sein, wenn mikrobiologische Untersuchungen auf eine hohe Belastung innerhalb der Rohrleitungen schließen lassen und eine thermische Desinfektion nicht möglich ist.

Diese Maßnahme muss im Einklang mit dem DVGW-Arbeitsblatt W291 und der DIN 1988 stehen. Die Desinfektionschemikalie muss alle Einzelzuleitungen erreichen. Eine Kontaktzeit von ein bis zwei Stunden ist ausreichend. Nach Abschluss der Maßnahme muss das Leitungsnetz – aus dem während der Desinfektionsmaßnahme kein Trinkwasser entnommen werden darf – gründlich gespült werden.

Die chemische Desinfektion ist im Allgemeinen nur für die Sanierung der Leitungsanlagen geeignet. Die Innenflächen und Heizregister der Trinkwassererwärmer müssen gesondert gereinigt werden.

Zur Aufbereitung des Wassers für den menschlichen Gebrauch dürfen nur Stoffe verwendet werden, die vom Bundesministerium für Gesundheit in einer Liste im Bundesgesundheitsblatt bekannt gemacht worden sind ...

Thermische Desinfektion

Bei Temperaturen über 70 °C wird eine schnelle Inaktivierung der Legionellen erreicht. Die Trinkwassererwärmer müssen daher auf Temperaturen über 70 °C bis 80 °C aufgeheizt werden. Während der Aufheizphase darf keine Entnahmestelle geöffnet sein. Jede Entnahmestelle muss bei geöffnetem Auslass für etwa 3 min mit mindestens 70 °C beaufschlagt werden. Die Zirkulationspumpe muss während dieser Maßnahme in Betrieb sein. Je nach Anlagengröße und Leitungsführung muss die thermische Desinfektion abschnittsweise durchgeführt werden. Bei umfangreichen Trinkwassersystemen können thermische Desinfektionen unter Umständen bei einmaliger Anwendung nicht zum Erfolg führen, weil große Rohrrinnenoberflächen durch Inkrustierungen den Mikroorganismen einen guten Nährboden bieten oder die hohen Desinfektionstemperaturen von 70 °C nicht bis zu jeder Entnahmestelle eingehalten werden können.

Aus diesem Grund kann nach kurzer Zeit erneut eine erhöhte Legionellenkontamination auftreten. Sind nach mehrfachen thermischen Desinfektionen keine Verbesserungen feststellbar, müssen andere Maßnahmen veranlasst werden, z. B. bautechnische Änderungen.

Soweit – fast wörtlich – die Ausführungen zu Desinfektionen im Werk „Wasserverwendung – Trinkwasserinstallation“, herausgegeben von der DVGW, 2000, S. 342–344.

Aufgrund der zusammengefassten Branchenerfahrung der fachlich kompetenten DVGW-Autoren ist die beste Desinfektionsmaßnahme die thermische. In Bild 18 ist die Reduktion von Legionellen über die Zeit dargestellt. Wenn das Rohrleitungssystem ohne Totzonen (Bild 19) gebaut wurde, kann die Verbreitung von Mikroorganismen in Trinkwarmwasseranlagen gut vermieden werden. Voraussetzung ist die Einhaltung des DVGW-Arbeitsblattes W 551/552, Entwurf Juli 2002, und W 553.

Die thermische Desinfektion wird effektiv durch ein Dreiwegeventil (Bild 20) erreicht, das in die Trinkwarmwasserleitung und die Zirkulation eingebunden ist. Der Speicher kann auf ≥ 70 °C geladen werden. Dann erst wird das Zirkulationssystem schnell auf 70 °C aufgeheizt. Für mindestens 3 Minuten muss am Speichereintritt die Temperatur von mindesten 70 °C anstehen, bevor die Zapfstellen thermisch desinfiziert werden. Die Zirkulation bricht während des Zapfens teilweise oder ganz zusammen.

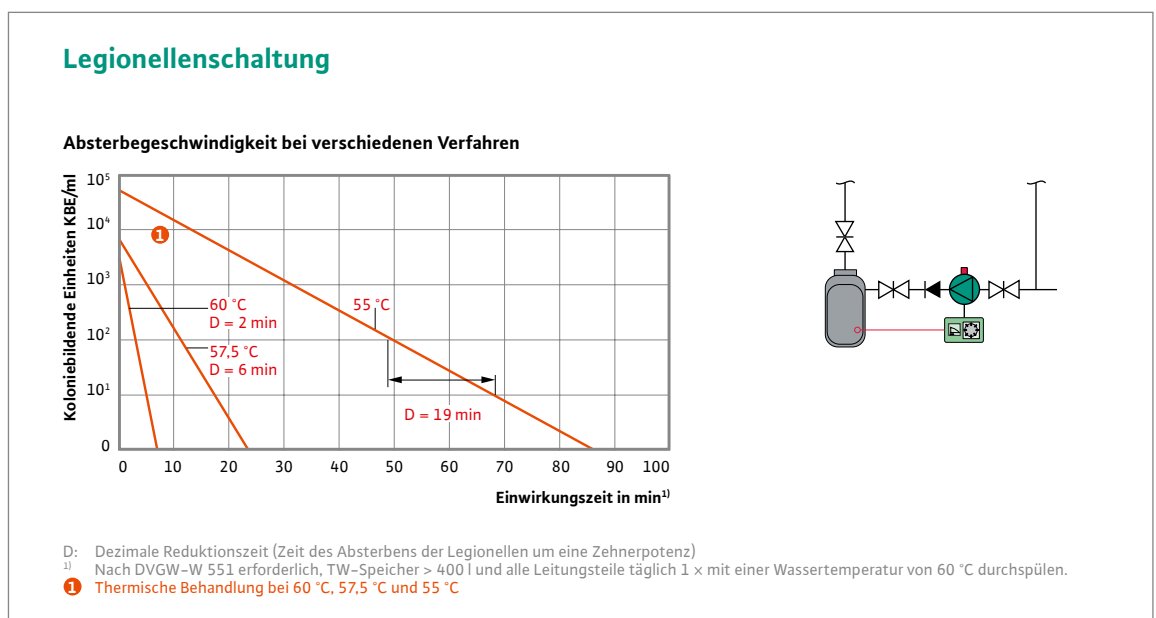


Bild 18:

Vermeidung von Legionellen (Wilo-Brain Tipps und Tricks, S. 18)

Dieser Vorgang ist dynamisch und hängt von den hydraulischen Gegebenheiten ab. Eine Zapfdauer ≥ 3 Minuten ist einzuhalten! Ist die Zirkulation an der letzten Zapfstelle angebunden, kann eine automatische Desinfektion in den Nachtstunden zur Vorbeugung durchgeführt werden. Die Energieversorgung des Speichers muss die Temperatur an jeder Stelle im Speicher auf $\geq 70^\circ\text{C}$ halten. Ist die

Wärmeleistung nicht ausreichend für alle Zapfstellen, so sind diese der Reihe nach zu desinfizieren. Dabei ist die Speichertemperatur zu überwachen. Eventuell sind Zapfpausen erforderlich. Für den Ablauf ist die Aufstellung eines Hygieneplanes nach VDI 6023 zu empfehlen.

Luftabscheider/Luft-Sammelgefäße/Rohrerweiterungen

Funktion

Die Gase vom Fördermedium trennen und ableitbar sammeln.

Hinweis

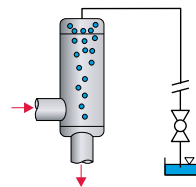
Luftabscheider oder Rohrerweiterungen dürfen in Trinkwarmwasser-Zirkulationsanlagen wegen der Legionellengefahr nicht eingebaut werden.

Wilo-Brain Tipps und Tricks

Alle Rohrerweiterungen in der Leitungsführung oder Leitungstrecken ohne Zirkulation müssen aus dem System entfernt werden.



Einbau vertikal



Einbau horizontal

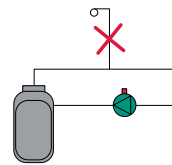
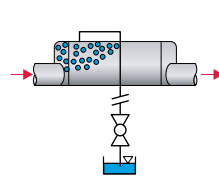


Bild 19:
Achtung! Keine Totzonen einbauen (Wilo-Brain Tipps und Tricks, S. 19)

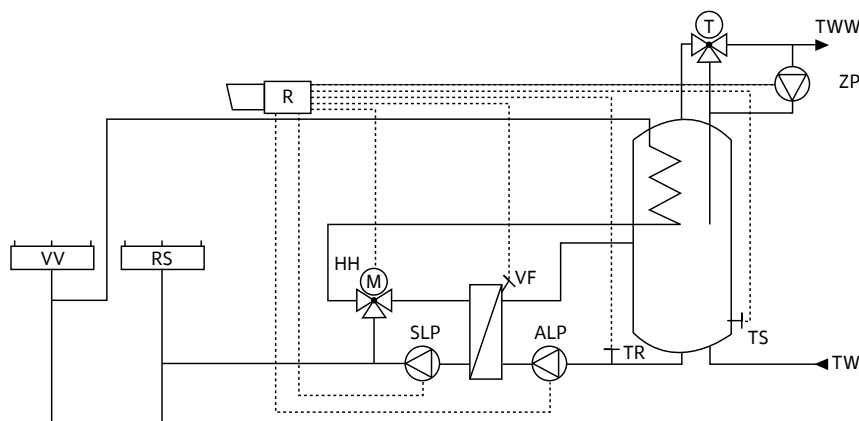


Bild 20:
Thermische Regelung
(Quelle: Fröling)

Prüfungen und Maßnahmen bei Kontaminationen

Mutationen von Organismen sind nicht vorher-sagbar, daher sind regelmäßige Prüfungen erforderlich (Bild 21). Im Wohnhausbereich ist aus fachlicher Sicht auch eine jährliche Prüfung zu empfehlen. Der Besitzer der Anlage trägt dafür Verantwortung, dass auf Dauer §5 bis §8 der TrinkwV 2001 eingehalten werden. Sicherheit ist nur durch Prüfungen zu erlangen. Wartungsverträge mit kompetenten Fachhandwerksunternehmen sind die einzige Chance zur Reinhaltung von Trinkwarmwassersystemen!

Werden bei einer Prüfung Kontaminationen festgestellt, sind sofort die Maßnahmen zu ergreifen wie in §9 der TrinkwV 2001 vorgesehen. Das Gesundheitsamt muss informiert werden! Sind Legionellen mit > 1000 KBE/100 ml festgestellt, ist ein Sanierungserfordernis gegeben (Bild 22). Die beste Maßnahme ist die thermische Desinfektion.

Anlagen, die gut geplant, gebaut und gewartet werden, müssen nur alle drei Jahre auf mikrobiologische Anforderungen mit einer Wasseranalyse überprüft werden. Ausnahmen sind nach Bild 21 Schulen, Gaststätten, Kindergärten, Krankenhäuser, Sportstätten, Schwimmbäder, Seniorenheime etc. Diese sind jährlich zu prüfen.

Bei festgestellten Kontaminationen sind weitergehende Untersuchungen innerhalb von vier Wochen erforderlich und bei einem Legionellennachweis von >1000 KBE/100 ml muss spätestens alle drei Monate untersucht werden. In Bild 23 sind die gegenüber der orientierenden Untersuchung (Bild 22) weitergehenden Maßnahmen aufgeführt.

Wann, wie oft?

Wilo-Brain Tipps und Tricks

Hausinstallationen, aus denen Wasser an die Öffentlichkeit abgegeben wird, müssen jährlich auf Legionellen untersucht werden.

Durchführung: Gesundheitsämter, Hygieneinstitute ..., beispielsweise an Schulen, Gaststätten, Kindergärten, Krankenhäuser, Sportstätten oder Schwimmbäder, Altenheime, ...



Trinkwasserverordnung 2001 mit Änderung vom 05.12.2012 § 14 und § 19

Bild 21:
Häufigkeit der
Untersuchungen
(Wilo-Brain Tipps und
Tricks, S. 20)

Bewertung der Befunde

Bewertung der Befunde bei einer orientierenden Untersuchung

Legionellen [KBE/100 ml] ¹⁾	Bewertung	Maßnahme	weitergehende Untersuchung	Nachuntersuchung
> 10.000	extrem hohe Kontamination	direkte Gefahrenabwehr erforderlich (Desinfektion und Nutzungseinschränkung, z.B. Duschverbot) Sanierung erforderlich	unverzüglich	eine Woche nach Desinfektion bzw. Sanierung
> 1.000	hohe Kontamination	Sanierungserfordernis ist abhängig von der weitergehenden Untersuchung	umgehend	–
≥ 100	mittlere Kontamination	keine	innerhalb von 4 Wochen	–
< 100	keine/geringe Kontamination	keine	keine	nach 1 Jahr (nach 3 Jahren) ²⁾

¹⁾ KBE= koloniebildende Einheit

²⁾ Werden bei zwei Nachuntersuchungen im jährlichen Abstand weniger als 100 Legionellen in 100 ml nachgewiesen, kann das Untersuchungsintervall auf maximal 3 Jahre ausgedehnt werden.

Hinweis: Wird die orientierende Untersuchung gleich mit einem Probenumfang durchgeführt, der dem einer weitergehenden Untersuchung entspricht, gelten die in der Tabelle (Seite 22) angegebenen Maßnahmen.

Bild 22: Bewertung orientierende Untersuchung (Wilo-Brain Tipps und Tricks, S. 21)

Bewertung der Befunde

Bewertung der Befunde bei einer weitergehenden Untersuchung

Legionellen [KBE/100 ml] ¹⁾	Bewertung	Maßnahme	weitergehende Untersuchung	Nachuntersuchung
> 10.000	extrem hohe Kontamination	direkte Gefahrenabwehr erforderlich (Desinfektion und Nutzungseinschränkung, z.B. Duschverbot) Sanierung erforderlich	unverzüglich	eine Woche nach Desinfektion bzw. Sanierung
> 1.000	hohe Kontamination	kurzfristige Sanierung erforderlich	innerhalb von maximal 3 Monaten	eine Woche nach Desinfektion bzw. Sanierung ²⁾
≥ 100	mittlere Kontamination	mittelfristige Sanierung erforderlich	innerhalb von maximal 1 Jahr	eine Woche nach Desinfektion bzw. Sanierung ²⁾
< 100	keine/nachweisbare geringe Kontamination	keine	–	nach 1 Jahr (nach 3 Jahren) ³⁾

¹⁾ KBE = koloniebildende Einheit

²⁾ Werden bei zwei Nachuntersuchungen im vierteljährlichen Abstand weniger als 100 Legionellen in 100 ml nachgewiesen, braucht die nächste Nachuntersuchung erst nach einem Jahr nach der 2. Nachuntersuchung vorgenommen werden. Diese Nachuntersuchungen können entsprechend dem Schema der orientierenden Untersuchung (Tabelle Seite 21) durchgeführt werden.

³⁾ Werden bei Nachuntersuchungen im jährlichen Abstand weniger als 100 Legionellen in 100 ml nachgewiesen, kann das Untersuchungsintervall auf maximal 3 Jahre ausgedehnt werden.

Bild 23: Bewertung weitergehende Untersuchung (Wilo-Brain Tipps und Tricks, S. 22)

Vorbeugende Wartung – die beste Schutzmaßnahme

Eindeutig geregelt sind u. a. die zulässigen Aufbereitungsverfahren und die Art und Menge der erlaubten Zusatzstoffe, die in Trinkwassersystemen eingesetzt werden dürfen (z. B. die Zugabe von Phosphaten und Silikaten zur Deckschichtbildung und Härtestabilisierung).

Alle Aufbereitungssysteme, die zum Schutz gegen Korrosion oder Steinbildung und zur Deckschichtbildung in Trinkwassersystemen eingesetzt werden, sind entsprechend den Herstellerangaben zu warten. EN/DIN-Normen, DVGW- und VDI-Regeln sind einzuhalten. Mangelhafte Wartung stellt immer ein Gefährdungspotenzial dar. Fehlende Wartung führt zwangsläufig zu Verkeimung von Trinkwassersystemen und ist lebensgefährlich!

Damit Wassererwärmer keine Gefahr für das Trinkwasser darstellen, ist entsprechend der DIN 1988, Teil 4, Tabelle 3, die Ausführungsart auszuwählen (vgl. Tabelle 7). Ein gas- oder dampfförmiger Übertritt des Wärmeträgers auf die Trinkwasserseite ist durch geeignete Materialpaarung und richtige Wärmeträgerstoffauswahl zu verhindern. Eventuell muss ein Zwischenmedium eingesetzt werden.

Trinkwasserspeicher sind regelmäßig zu reinigen und auf Dichtigkeit der Wärmeträgerseite zu kontrollieren. Die Regelung und die Sicherheitsgeräte für die Wärmeträgerseite sind auf korrekte Funktion und Einstellung jährlich zu prüfen.

Tabelle 7: Zuordnung der Ausführungsart des Trinkwassererwärmers zur Klasse des Wärmeträgers

Klasseneinteilung der Wärmeträger							
Nr.	Ausführungsart	1 und 2 (ohne Gefährdung)		3 (wenige giftige Stoffe)		4 und 5 (giftige, sehr giftige, krebserzeugende und radioaktive Stoffe sowie Erreger übertragbarer Krankheiten)	
		Im Schadensfall an der Entnahmestelle gasförmiger Austritt des Wärmeträgers					
		möglich	nicht möglich	möglich	nicht möglich	möglich	nicht möglich
1	D (Zwischenmedium)	●	●	●	●	●	●
2	C (korrosionsbeständig, gesichert)	●	●	Nur bei Fluorchlor- kohlenwasserstoffen zulässig	●	■	■
3	B (Zwischenmedium)	●	●	■	Nur zulässig wenn $p_{e_{zul}} \leq 3$ bar ist	■	■
4	A (Zwischenmedium)	Zulässig, außer bei heizseitiger, automatischer Nachfülleinrichtung oder Fernheizung		■	■	■	■

Zeichenerklärung: ● = zugelassen ■ = nicht zugelassen

Die Sicherung der Qualität von Trinkwasser

Die hohe Bedeutung der Gebäudeausrüstung für gesundes Leben und Arbeiten verlangt konsequentes Planen, Erstellen, Betreiben und Instandhalten besonders von Trinkwasserversorgungsanlagen. Alle Maßnahmen und Handlungen müssen sorgfältig abgestimmt werden. Beeinträchtigungen durch mikrobiologische, chemische und physikalische Veränderungen müssen verhindert werden. Nur so kann die einwandfreie Qualität des Trinkwassers im Warmwassersystem aufrechterhalten werden. Schulungen sichern die Kompetenz der Fachkräfte und letztlich die Gesundheit der Verbraucher von Trinkwarmwasser: „Gesundheit ist dabei nicht nur das Freisein von Krankheit, sondern das Optimum des körperlichen, geistigen und psychischen Wohlbefindens“ (WHO).



Druckhaltung

Die Druckhaltung in einem Trinkwarmwassersystem erfolgt mit verschiedenen Bauteilen und dient der Sicherheit von Rohrleitungen und Behältern, damit sie nicht durch Überdruck zerstört werden. Der Anlagenkomfort wird durch optimale Bauteileauswahl und Funktionsabstimmung erhöht. In diesem Abschnitt befassen wir uns daher mit der Auswahl, Auslegung und Installation von Membranausdehnungsgefäßen, Druckreglern bzw. Druckminderern, Rückflussverhinderern und Sicherheitsventilen.

Funktionen von Membranausdehnungsgefäßen

Das Membranausdehnungsgefäß (MAG-W) kann folgende Funktionen in der Trinkwarmwasserinstallation übernehmen:

- Druckschwankungen aus dem Versorgungsnetz oder von Druckerhöhungsanlagen ausgleichen (steigert den Komfort)
- Druckstoßdämpfung z. B. bei schnellschließenden Armaturen (bedeutet Komfort und Sicherheit)
- Das Ausdehnungswasser bei Erwärmung auffangen und Leckwasser vermeiden (erhöht die Sicherheit)

Druckschwankungen aus dem Versorgungsnetz oder von Druckerhöhungsanlagen sollten nicht nur für das Trinkwarmwasser, sondern auch für das Trinkkaltwasser über ein Membranausdehnungsgefäß ausgeglichen werden. Es ist besser, diese Versorgungsschwankungen durch eine zentrale Anordnung in der Hauptversorgung des Gebäudes abzusichern. Damit wird verhindert, dass beim Duschen oder Baden unterschiedliche Temperaturen durch Druckschwankungen im Kaltwassernetz an der manuellen Mischbatterie auslaufen. Ungewollte Kneippsche-Güsse werden vermieden.

Schnellschließende Armaturen erzeugen durch schlagartige Unterbrechung der Strömung einen impulsartigen Anstieg des statischen Druckes. Dieser Anstieg ist mittels des Energieerhaltungssatzes zu erklären. Der Gesamtdruck bleibt immer erhalten, nur die Aufteilung in statischen und dynamischen Druck ändert sich. Das strömende Wasser muss die Rohrreibungswiderstände und das Eigengewicht mittels dynamischer Energie (dynamischem Druck) überwinden. Durch schlagartigen Stopp des Wasserflusses wird der dynamische Druck in statischen Druck umgewandelt. Dieses führt zu Rohrschlägen (Geräusche) und bei Überschreitung des Ansprechdruckes zum Öffnen des Sicherheitsventils am Trinkwassererwärmer. Membranausdehnungsgefäße in Trinkwarmwassersystemen verhindern, bei ausreichendem Volumen, ein Ansprechen des Sicherheitsventils. Schlagende Geräusche können durch ein zentrales Gefäß in der Trinkwasserversorgung nicht immer vermieden werden. Je nach Leitungsführung und Entfernung sind zusätzliche Gefäße zur Geräuschvermeidung an den Schnellschlussarmaturen erforderlich.

Ausgleich des Wasservolumens

Die Hauptaufgabe von Membranausdehnungsgefäßen in Trinkwarmwasseranlagen ist das Ausgleichen des sich ändernden Wasservolumens durch Änderung der Betriebstemperaturen.

Bei der Inbetriebnahme wird kaltes Wasser in den Trinkwassererwärmer gefüllt. Durch Zuführung von Wärme erhöht sich die Trinkwassertemperatur von ca. 10 °C auf z. B. nach DVGW empfohlene 60 °C. Gleichzeitig mit dem Temperaturanstieg ändert sich die Dichte des Wassers von 999,6 kg/m³ auf 983,2 kg/m³. Damit erhöht sich der benötigte Raumbedarf auf 101,668 % und das Membranausdehnungsgefäß muss ~1,7 % Ausdehnungsvolumen aufnehmen. Bei einem 100 l großen Trinkwarmwasserspeicher muss das Membranausdehnungsgefäß 1,7 l Ausdehnungsvolumen fassen können.

Das Nennvolumen des zu installierenden Druckausdehnungsgefäßes ist abhängig von der Größe des Trinkwarmwasserspeichers, des Eintrittsdruckes, der Einstellung des Sicherheitsventils und der prozentualen Ausdehnung des Trinkwarmwassers. Die Ermittlung der Größe des Membranausdehnungsgefäßes wird nach der unten stehenden Formel vorgenommen. In Tabelle 8 ist der Wert für n dargestellt.

Die Bestimmung der Größe des Membranausdehnungsgefäßes kann mit der angeführten Formel für jeden Betriebszustand erfolgen. Im Tagesgeschäft hat sich die Auslegung nach Tabellen von Herstellern der Membranausdehnungsgefäße oder den Tabellen aus Wilo-Brain Tipps und Tricks durchgesetzt.

$$V_e = V_{sp} \cdot \frac{n \cdot (V_{sp} + 0,5) \cdot (\rho_E + 1,2)}{100 \cdot (\rho_E + 1,0) \cdot (\rho_{sv} - \rho_{E-+} + 0,7)}$$

V_e = Nennausdehnungsvolumen des Membranausdehnungsgefäßes

V_{sp} = Trinkwarmwasserspeichervolumen

ρ_E = garantierter Eingangsdruck des Trinkkaltwassers

ρ_{sv} = Ansprechdruck Sicherheitsventil

n = prozentuale Ausdehnung des Trinkwassers durch Erwärmung, bezogen auf eine Ausgangstemperatur von 10 °C

Tabelle 8: Prozentuale Ausdehnung von Trinkwasser bei Erwärmung

t °C	10	45	50	55	60	70	80
ρ kg/m ³	999,6	990,2	988,0	985,7	983,2	977,7	971,8
n %	0	1,05	1,17	1,41	1,77	2,24	2,86

max. 60 °C mit 6 bar Sicherheitsventil					max. 70 °C mit 6 bar Sicherheitsventil				
Stickstoffvordruck	2 bar	3 bar	4 bar		Stickstoffvordruck	2 bar	3 bar	4 bar	
	Mindest-Nennvolumen					Mindest-Nennvolumen			
Speicherinhalt (l)	1	0,0349	0,0493	0,0863	Speicherinhalt (l)	1	0,0471	0,0607	0,1165
	80	3	4	7		80	4	5	9
	100	3	5	9		100	5	6	12
	120	4	6	10		120	6	7	14
	160	6	8	14		160	8	10	19
	200	7	10	17		200	9	12	23
	250	9	12	22		250	12	15	29
	300	10	15	26		300	14	18	35
	400	14	20	35		400	19	24	47
	500	17	25	43		500	24	30	58
	600	21	30	52		600	28	36	70
	700	24	35	60		700	33	42	82
	800	28	39	69		800	38	49	93
	900	31	44	78		900	42	55	105
	1.000	35	49	86		1.000	47	61	117
	1.500	52	74	129		1.500	71	91	175
	2.000	70	99	173		2.000	94	121	233
	3.000	105	148	259		3.000	141	182	350

Bild 24: Auslegung des Membranausdehnungsgefäßes nach Tabelle bei 6 bar (Wilo-Brain Tipps und Tricks, S. 23)

max. 60 °C mit 10 bar Sicherheitsventil						max. 70 °C mit 10 bar Sicherheitsventil					
Stickstoffvordruck	2 bar	3 bar	4 bar	5 bar		Stickstoffvordruck	2 bar	3 bar	4 bar	5 bar	
	Mindest-Nennvolumen						Mindest-Nennvolumen				
Speicherinhalt (l)	1	0,0255	0,0291	0,0342	0,0419	Speicherinhalt (l)	1	0,0344	0,0392	0,0462	0,0565
	80	2	2	3	3		80	3	3	4	5
	100	3	3	3	335		100	3	4	5	6
	120	3	3	4	5		120	4	5	6	7
	160	4	5	5	7		160	6	6	7	9
	200	5	6	7	8		200	7	8	9	11
	250	6	7	9	10		250	9	10	12	14
	300	8	9	10	13		300	10	12	14	17
	400	10	12	14	17		400	14	16	18	23
	500	13	15	17	21		500	17	20	23	28
	600	15	17	21	25		600	21	24	28	34
	700	18	20	24	29		700	24	27	32	40
	800	20	23	27	34		800	28	31	37	45
	900	23	26	31	38		900	31	35	42	51
	1.000	26	29	34	42		1.000	34	39	46	57
	1.500	38	44	51	63		1.500	52	59	69	85
	2.000	51	58	68	84		2.000	69	78	92	113
	3.000	77	87	103	126		3.000	103	118	139	170

Bild 25: Auslegung nach Tabelle bei 10 bar (Wilo-Brain Tipps und Tricks, S. 24)

Die Installation von Membranausdehnungsgefäßen

Für neue Installationen sollte die Gefäßauslegung immer mit 70 °C erfolgen. Somit wird sichergestellt, dass ein automatischer Desinfektionsbetrieb mit 70 °C durchführbar ist. Auslegungen mit < 60 °C sollten nur im Einfamilienhausbereich vorgenommen werden.

Trinkwasser ist ein Lebensmittel! Ausdehnungsgefäße in Trinkwasserinstallationen müssen deshalb den besonderen Anforderungen der DIN 4807-T5 entsprechen. Nur durchströmte Gefäße in korrekter Größe sind zulässig. Es dürfen keine Gefäße für Heizungs- oder Brauchwasseranlagen in Trinkwassersysteme eingebaut werden!

Der Stickstoffvordruck für das Membranausdehnungsgefäß wird über den garantierten Eingangsdruck ermittelt. Der Druck des Stickstoffes ist auf 0,5 bar unter dem Eingangsdruck bei Inbetriebnahme und Wartung einzustellen. Eine Befüllung mit Umgebungsluft mittels eines Kompressors sollte aus hygienischen Gründen vermieden werden.

Das Gefäß ist immer in der Trinkkaltwasserzulaufleitung zu installieren. Die Gründe sind:

- Temperaturbeständigkeit der Membran (< 70 °C)
- Vermeidung von Keimvermehrung mittels Temperaturen über 20 °C im Gefäßinhalt (Biofilm)
- Vermeidung von Fehlzirkulation, warmes Wasser (≥ 24 °C) im Trinkkaltwasseranschluss.

Membranausdehnungsgefäße für Trinkwasser müssen DVGW-zugelassen sein und der Empfehlung nach KTW A +C, DVGW-Arbeitsblatt W 270 und DIN 4807 T sowie den Richtlinien über Druckgeräte 97/23/EG entsprechen.

Achtung: Aus hygienischen Gründen darf die Montage des Gefäßes nur mit dem Zubehör des Herstellers erfolgen! Nur so wird eine einwandfreie Durchströmung garantiert und eine den Verordnungen, Normen und Richtlinien entsprechende Wartung ermöglicht.

Bei der Auswahl ist zu beachten

- die gesicherte Absperrung,
- die völlige Entleerung
- und eine Bypasslösung, damit bei Absperrung des Gefäßes die Wassererwärmungsanlage weiterbetrieben werden kann.

Die Durchflussmenge im Spitzenlastbetrieb erfordert besondere Beachtung. Die Anschlussnennweiten gestatten nur bestimmte Mengen und sind vom Hersteller des Gefäßes anzugeben. Bei den Strömungsgeschwindigkeiten ist auch die DIN 1988 mit ihren Grenzwerten einzuhalten. Eventuell ist ein größeres Gefäß zu installieren als nach Auslegung nach der Formel oder mit Wilo-Brain Tipps und Tricks ermittelt.

Sind keine Forderungen von Seiten des Herstellers des Gefäßes zur maximalen Durchflussmenge vorhanden, empfiehlt es sich, die Werte der Tabelle 9 einzuhalten. Die Berechnung erfolgt auf Grundlage einer Geschwindigkeit von 2 m/s. Bei einer entsprechend den genannten Kriterien erfolgten Gefäßauslegung und Installation wird sich eine ordentliche Betriebsweise, wie in den Wilo-Brain Tipps und Tricks aufgeführt, einstellen.

Tabelle 9: Maximaler Spitzenförderstrom

Nennweite	Empfohlener maximaler Spitzenförderstrom \dot{V}_s
DN 20	$\leq 2,5 \text{ m}^3/\text{h}$
DN 25	$\leq 4,2 \text{ m}^3/\text{h}$
DN 32	$\leq 7,2 \text{ m}^3/\text{h}$
DN 40	$\leq 9,5 \text{ m}^3/\text{h}$
DN 50	$\leq 15,0 \text{ m}^3/\text{h}$
DN 65	$\leq 27,0 \text{ m}^3/\text{h}$

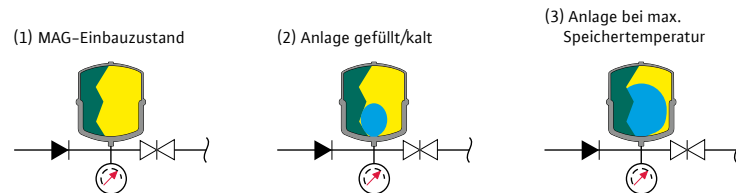
Membranausdehnungsgefäß (MAG)

Funktion

Ausgleich des sich ändernden Wasservolumens in der Trinkwarmwasser-Zirkulationsanlage (2) ↔ (3) in Abhängigkeit von den Betriebstemperaturen bei gleichzeitiger stabiler Druckhaltung.

Hinweis

Wenn der MAG-Vordruck (1) und der Systemdruck (2) nicht richtig eingestellt und regelmäßig kontrolliert werden, kommt es zu Überdruck und dem Ansprechen des Sicherheitsventils. Die gleichen Auswirkungen hat ebenfalls ein zu kleines MAG. Überdruck muss insbesondere in Einschalt- und Aufheizphasen sicher ausgeschlossen werden.



Wilo-Brain Tipps und Tricks

Dimensionierung: Nach DIN EN 806 oder nach Wilo-Auswahltabellen (s. S. 23-24) oder nach MAG-Hersteller-Auswahl-tabelle.

Anschluss: Ausnahmslos absperribar und entleerbar, z. B. Kappenventil oder Schnellkupplung mit Entleerung.

Anschlusspunkt: Grundsätzlich auf der Speicher-Zulaufseite.

MAG-Vordruck: 0,5 bar unter Zulaufdruck.

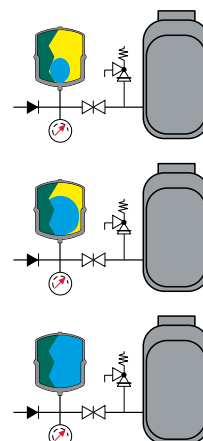


Bild 26:
Betriebsweisen von
Ausdehnungsgefäßen
(Wilo-Brain Tipps und
Tricks, S. 16/17)

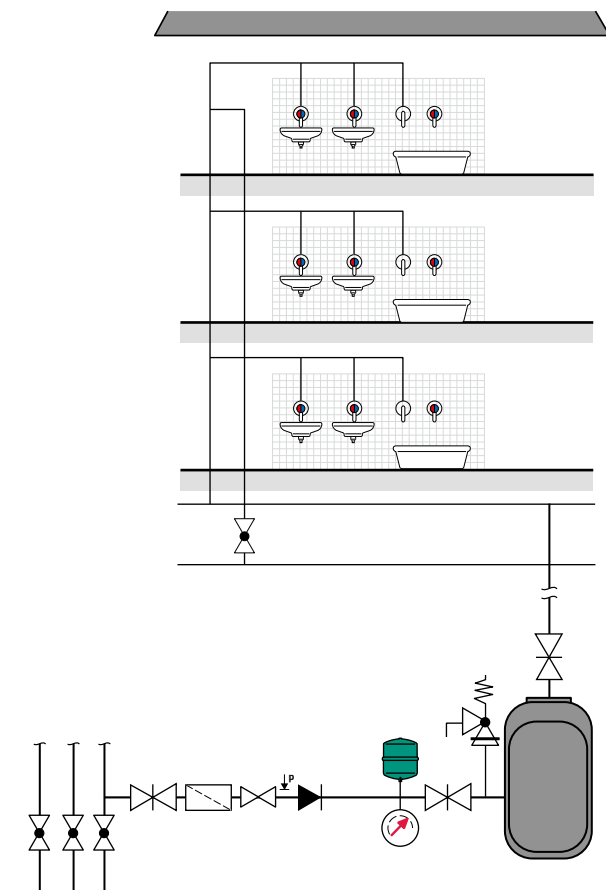
Druckregler/Druckminderer

Der Eingangsdruck für Trinkkaltwasser kann in der Praxis aufgrund des schwankenden Versorgungsdruckes nur durch einen Druckminderer oder einen Druckregler konstant gehalten werden. Für den korrekten Betrieb bei allen Lastzuständen ist die Installation eines der beiden Apparate zu empfehlen. Es ist sinnvoll, dieses Bauteil in der Hauptversorgungsleitung für das Gebäude zu installieren. Durch den Anschluss der Versorgung für die Trinkwassererwärmung nach dem Druckminderer/Druckregler ist sichergestellt, dass gleichbleibende Temperaturen an manuellen Mischbatterien auslaufen.

Filter vor den Druckreglern/Druckminderern schließen nahezu aus, dass eines dieser Bauteile infolge Verschmutzung von Sitz und Kegel nicht mehr dicht abschließt und „durchsteigt“. Allerdings muss man darauf achten, dass auf der Baustelle oder beim Einbau kein Schmutz durch die Ausgangsseite in den Druckminderer hineingerät, der dann bei Inbetriebnahme dessen Funktion stört. Immer wieder erhalten Hersteller Druckminderer zurück, an denen bei der Überprüfung absolut kein Fehler feststellbar ist. Wenn aus der gleichen Anlage das zweite Gerät scheinbar auch „durchsteigt“, kann man sicher sein, dass wieder einmal eine „Brücke“ die Schuld hat. Unter einer „Brücke“ verstehen wir in diesem Zusammenhang eine ungewollte hydraulische Verbindung zwischen einer Rohrleitung mit höherem Druck und dem Teil der Anlage mit gemindertem Druck.

Die am häufigsten vorkommende „Brücke“ ist die Verbindung zwischen nicht gemindertem Kaltwasserdruck (Bild 27) und gemindertem Warmwasserdruck bei dezentraler Anordnung des Druckminderers vor dem Warmwasserbereiter. Irgendwo in der Anlage treffen sich Kalt- und Warmwasserstrang. Manchmal bei einer thermischen Zentralmischbatterie, meist aber an den Auslaufarmaturen, sei es in Form von Einlochmischbatterien, Spültischbatterien, thermostatischen Wannen- oder Brausebatterien usw. Damit das Kaltwasser nicht in die Warmwasserleitung eindringen kann, z. B. bei thermostatischen Mischbatterien, sind diese an beiden Eingängen mit Rückflussverhinderern ausgestattet. Ist der im Eingang des Warmwasseranschlusses eingebaute Rückflussverhinderer der Mischbatterie undicht, so kann sich der Kaltwasserdruck ungehindert auf die Warmwasserleitungen übertragen.

Bild 27:
Druckminderer nur in
Trinkwarmwasser



Einbau von Druckminderern

Liegt der Kaltwasserdruck über dem Schließdruck oder dem Ansprechdruck des vor dem Warmwasserbereiter eingebauten Sicherheitsventils, ist der Fehler am ständig tropfenden Membran-Sicherheitsventil erkennbar. Dies kann unter Umständen nur nachts auftreten, wenn aufgrund des geringen Verbrauches der Druck im Versorgungsnetz ansteigt. Am häufigsten wurde festgestellt, dass das Manometer am Druckminderer vor dem Warmwasserbereiter den höheren Druck anzeigt, weil auch ein vorschriftsmäßig nach dem Druckminderer eingebaute Rückflussverhinderer in den seltensten Fällen absolut druckdicht abschließt.

Der Druckminderer lässt entgegen seiner vorgesehenen Durchflussrichtung kein Wasser durch, solange der Druck am Ausgang über dem eingestellten Hinterdruck liegt. Er wirkt daher wie ein absolut dicht schließender Rückflussverhinderer. Bitte beachten: Nur Druckminderer einsetzen, die konstruktionsbedingt so ausgelegt sind, dass alle Teile auch im Hinterdruckbereich bis zum maximal zulässigen Vordruck belastet werden können, ohne dass die Funktion des Druckminderers nachteilig beeinflusst wird!

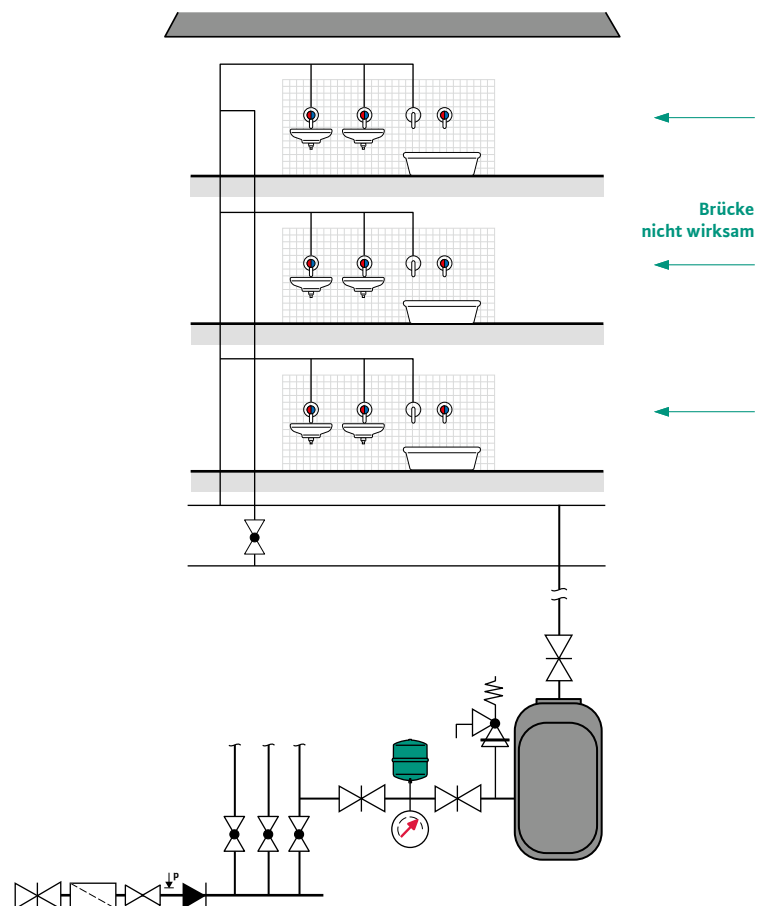
Bei zentralem Einbau (Bild 28) des Druckminderers unmittelbar nach dem Wasserzähler kann dieser Fehler nicht auftreten, da Kalt- und Warmwassernetz unter gleichem Druck stehen. Wird aber nur für eine Zapfstelle, z. B. Garage oder Garten, eine Leitung vor dem Druckminderer abgenommen, so kann auch bei zentraler Anordnung des Druckminderers sinngemäß der gleiche Fehler auftreten, wenn eine Verbindung über z. B. eine Einlochmischarmatur zur Warmwasserbereitung vorgenommen wird. Bei dezentral eingebautem Druckminderer kann beim Aufheizen des Warmwasserbereiters der eingestellte Hinterdruck durch das sich ausdehnende Warmwasser bis zum Ansprechdruck des Membransicherheitsventils ansteigen. Auch bei zentral eingebautem Druckminderer kann dieser Druckanstieg erfolgen, wenn die „Brücke“ in umgekehrter Richtung wirksam wird.

Druckminderer sind erforderlich, wenn:

- nach DIN 4109-5 der Ruhedruck an der Entnahmestelle 5 bar überschreitet
- an beliebiger Stelle der Trinkwasseranlage deren höchstzulässiger Betriebsüberdruck
- (z. B. Trinkwarmwasserspeicher) erreicht oder überschritten wird
- vor einem Sicherheitsventil 80 % seines Ansprechdruckes überschritten wird.

Um Regelschwingungen zu vermeiden, sollte eine gerade Auslaufstrecke von der Länge des fünffachen Innendurchmessers der Anschlussnennweite installiert sein. Für Einstellungs- und Wartungsarbeiten sind Absperrmöglichkeiten und Anschlussstutzen für eine Druckmessung bzw. ein Druckmessgerät vorzusehen.

Bild 28:
Druckminderer für
Gesamtanlage



Rückflussverhinderer

Seit der Einführung der DIN 1988 sind drei Aufgabenstellungen für Rückflussverhinderer gegeben. Erstens ist ein Rückflussverhinderer nach dem Wasserzähler als letzte Bremse zum Schutz des öffentlichen Netzes einzubauen. Beim Ausfall der Versorgung darf kein Rücksaugen über Schlauch- oder Rohrverbindungen und kein Rückfließen von Spül-, Wasch- oder Badewasser in das Trinkwassernetz möglich sein.

Zweitens muss ein Zurückfließen von erwärmtem Trinkwasser aus einem Trinkwassererwärmer in die Trinkkaltwasserleitung verhindert werden. Die Vermehrung von Keimen (besonders von Legionellen) durch Temperaturen von $\geq 24\text{ °C}$ bis 45 °C ist aus hygienischen Gründen zu unterbinden.

Drittens muss vor Thermomischarmaturen mit nachgeschalteter Absperrung für Trinkkaltwasser und Trinkwarmwasser jeweils in den Wasserleitungen ein Rückflussverhinderer vorhanden sein. Dies ist zur Vermeidung des Übertretens von Trinkwarmwasser in die Trinkkaltwasserleitung notwendig. Zu empfehlen sind Mischarmaturen mit integriertem Rückflussverhinderer.

Die Bemessung für Rückflussverhinderer ist in Abhängigkeit vom Spitzendurchfluss nach DIN 1988-300 durchzuführen und richtet sich nach der Rohrinnenweite. Nur bei ausreichend hohem Versorgungsdruck darf eine Nennweite kleiner gewählt werden. Hinweis: Die in der DIN 1988-4 Abschnitt 4 gesetzte Frist für den nachträglichen Einbau von Rückflussverhinderern in bestehende Anlagen ist bereits seit Dezember 1991 abgelaufen!

Einbau von Sicherheitsventilen

In Trinkwassererwärmungsanlagen ist sowohl bei direkt als auch bei indirekt beheizten Systemen ein Sicherheitsventil erforderlich. Jeder geschlossene Trinkwassererwärmer ist mit einem Sicherheitsventil auszurüsten. Ausgenommen sind lediglich Durchlaufwassererwärmer mit einem Nennvolumen ≤ 3 Liter. Bis zu einem Nennvolumen der Trinkwassererwärmer von 5.000 l dürfen nur federbelastete Membransicherheitsventile eingesetzt werden. Die erforderliche Größe des Sicherheitsventils ist in den Wilo-Brain Tipps und Tricks aufgeführt.

Sicherheitsventile sind direkt vor dem Trinkwassererwärmer in die Trinkkaltwasserleitung einzubauen. Folgende Bauteile dürfen nicht zwischen Sicherheitsventil und Trinkwassererwärmer eingebaut werden:

- Absperrarmaturen
- Verengungen
- Siebe
- Regelarmaturen

Das Sicherheitsventil ist sinnvollerweise oberhalb des Trinkwassererwärmers (Bild 30) anzuordnen, damit das Auswechseln des Sicherheitsventils ohne Entleeren des Wassererwärmers möglich ist. Die Abblaseleitung darf nicht verschlossen sein und muss 20 bis 40 mm sichtbar über einem Entwässerungsgegenstand oder Ablauftrichter enden. Maximal 2 m Länge und nicht mehr als zwei Bögen darf die Abblaseleitung beinhalten. Sie ist in der Größe des Austrittsquerschnittes des Sicherheitsventils auszuführen. In der unmittelbaren Nähe der Abblaseleitung ist ein Schild mit folgender Aufschrift anzubringen: Die hinter einem Ablauftrichter befindliche Auslaufeitung muss mindestens den doppelten Querschnitt des Ventileintritts besitzen.

Nur bauteilgeprüfte Sicherheitsventile sind zu verwenden. Der Hersteller stellt sie auf einen vorgeschriebenen Ansprechdruck ein und plombiert sie. Eine nachträgliche Verstellung des Ansprechdruckes ist nicht gestattet!

Achtung!

Während der Beheizung kann aus Sicherheitsgründen Wasser aus der Abblaseleitung austreten!
Nicht verschließen!

Größenbestimmung

Nennvolumen TWW-Speicher	min. Ventilgröße	max. Heizungsleistung	engster Strömungsdurchmesser
Liter	DN	kW	mm
bis 200	15	75	12
> 200 bis 1.000	20	150	14
> 1.000 bis 5.000	25	250	18

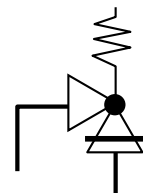


Bild 29:
Nennweitenbestimmung für das Sicherheitsventil (Wilo-Brain Tipps und Tricks, S. 25)

Arbeitsweise von Sicherheitsventilen

Der höchste auftretende statische Druck in der Trinkkaltwasserleitung muss mindestens 20 % unter dem Ansprechdruck des Sicherheitsventils liegen. Sicherheitsventile dürfen eine zulässige Schließdrucktoleranz bis 20 % unter Ansprechdruck haben. Das heißt, dass bei einem Sicherheitsventil mit einem Ansprechdruck von 10 bar der maximale Trinkkaltwasserdruck 8,0 bar nicht überschreiten darf. Ansonsten ist ein ständiger Wasser- und Energieverlust die Folge.

Die Funktion des Sicherheitsventils muss beobachtbar sein und seine Anlüftvorrichtung betätigt werden können. Aufgrund der Auslegung des Membranausdehnungsgefäßes auf den Trinkwarmwassererwärmer wird das Sicherheitsventil bei der Erstaufheizung ansprechen und Wasser austreten. Grund ist der zusätzliche Wasserinhalt in den Trinkwarmwasserleitungen sowie in den Zirkulationsleitungen. Bei richtiger Auswahl der Größe des Membranausdehnungsgefäßes wird im Dauerbetrieb kein Ansprechen des Sicherheitsventils auftreten. Nur bei Störungen und zu hoher Einstellung der Trinkwarmwassertemperatur wird das Sicherheitsventil im Normalbetrieb Wasser ausblasen. In diesem Fall schließt der vorgeschriebene Rückflussverhinderer und lässt aus hygienischen Gründen nur ein Abblasen zu. Sicherheitsventile in Trinkwarmwasseranlagen ohne Membranausdehnungsgefäß werden bestimmungsgemäß bei jedem Aufheizvorgang Trinkwasser abblasen. Dies bedeutet ständigen Wasserverlust und hohen Energieaufwand. Sollte aufgrund der Wasserhärte und der Erwärmungstemperatur eine hohe Kalkausfällung entstehen, kann durch das ständige Abblasen auch Kalk in den Sitz des Sicherheitsventils gelangen und es schließt nicht mehr. Die Verluste von Wasser und Energie steigen. Für Trinkwarmwasseranlagen, die nicht regelmäßig (z. B. einmal pro Woche) inspiziert werden, ist eine Membranbruch- und

Drucküberwachung mit automatischer Störungsmeldung zu empfehlen; eventuell mit automatischer Weiterleitung an die Wartungsfirma per Telefon. Somit ist auf Dauer ein sparsamer Betrieb möglich.

Die Membran kann durch Fühler, die der Hersteller auf der Stickstoffseite integriert hat, auf Bruch überwacht werden. Der Druck sollte nach Abschluss des Aufheizvorganges minimal die Größe von $\geq 80\%$ des Ansprechdruckes des Sicherheitsventils ausmachen und maximal beim zulässigen Nenndruck liegen.

Beispiel: Eine Trinkwarmwasseranlage ist mit Bauteilen ausgerüstet, die für einen Nenndruck ≥ 10 bar zugelassen sind. Vor dem Trinkwassererwärmer ist ein Sicherheitsventil mit einem Abblasedruck von 10 bar und, wie vorgeschrieben, mit einem Rückflussverhinderer in der Kaltwasserleitung installiert. Wenn kein Membranausdehnungsgefäß installiert wurde oder wenn es defekt ist, kann beim Aufheizvorgang der Trinkwarmwasserdruck 10 bar überschreiten und das Sicherheitsventil öffnet. Wird beim Abblasevorgang der Druck 8 bar erreicht, schließt ein funktionierendes Sicherheitsventil. Sollte der Druck für mehr als 1 Minute 8 bar unterschreiten oder 10 bar überschreiten, ist von einem Defekt auszugehen. Folgende Fehler sind möglich:

- Sicherheitsventil ist verschmutzt: 8 bar werden unterschritten, weil es nicht schließt
- Trinkwasserfilter ist verschmutzt und der Fließdruck erreicht nicht mehr 8 bar
- Temperaturregler ist defekt und 10 bar werden aufgrund von Wasserverdampfung länger als eine Minute überschritten
- Druckminderer ist defekt und der Hinterdruck überschreitet auf Dauer 10 bar

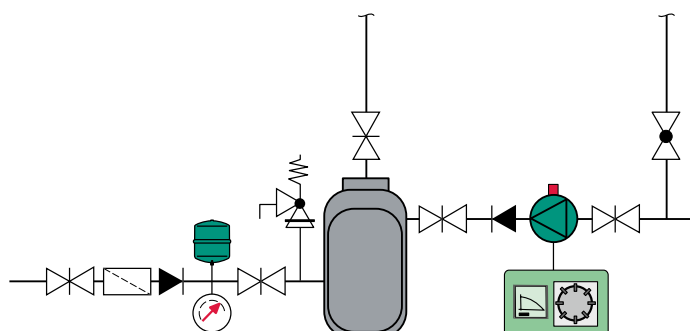


Bild 30: Sicherheitsventil oberhalb des Trinkwarmwasserspeichers



Wartung und Service

Waren und Dienstleistungen werden heute nicht nur an dem Ort erworben, an dem der Nutzer wohnt. Mittels der neuen Medien (Telefon, Fax und Internet) sind die Anbieter – in Abhängigkeit vom Produkt – auf der ganzen Welt vertreten und Aufträge können über Grenzen hinweg erteilt werden. Beim Erwerb von CDs, Kleidungsstücken, Fernsehern, Waschmaschinen etc. ist dies sicherlich einfach zu handhaben. Aber auch hier müssen die unterschiedlichen Gepflogenheiten im Geschäftsverkehr beachtet werden. In der Europäischen Union ist deshalb eine Harmonisierung der Gewährleistungsansprüche umgesetzt worden.

Gewährleistung

Eine Trinkwarmwasseranlage wird vor Ort durch einen Installationsfachbetrieb eingebaut und fest in das Gebäude integriert. Der Installateur fügt viele Bauteile (Rohre, Formstücke, Behälter, Armaturen, Pumpen) zu einem System zusammen und übernimmt die Gewährleistung für das System. Die Industrie bzw. der Fachgroßhandel liefert nur Teile, die für sich allein nicht funktionieren. Bei sich bewegenden Teilen (Stellarmaturen, Pumpen, Motoren, Stellmagneten) oder feuerberührten Teilen ist ein Verschleiß gegeben. Aufgrund dieser Ausgangslage ist ein Auftraggeber gut beraten, nur Installationsfachbetriebe aus der näheren Umgebung zu beauftragen. Denn die Inbetriebnahme muss auf das vor Ort installierte System abgestellt sein. Eine regelmäßige Wartung und Einstellungsüberprüfung für das Gesamtsystem muss auch im Hinblick auf den Verschleiß vorgenommen werden. Hat der Installateur/Lieferant einen Anfahrtsweg, bei dem die Entfernung größer als 20 km ist, entstehen durch die weite Anreise hohe Inbetriebnahme- und Wartungskosten. Bei eventuellen Störungen ist eine schnelle Beseitigung durch den Zeitaufwand kaum möglich. Es gibt Anforderungen, die durch Urteile dem Vermieter eine hohe Verantwortung zuweisen. So z. B. beim Anspruch auf Warmwasser: Der Vermieter muss ständig warmes Wasser von mindestens 40 bis 50 °C zur Verfügung stellen, auch nachts, so das Amtsgericht Köln (AZ: 206 C 251/94). Solange der Vermieter diese ausreichende Warmwasserversorgung nicht sicherstellt, gilt eine Minderung von zehn Prozent der Nettomiete oder 7,5 Prozent der Bruttomiete einschließlich Nebenkosten als gerechtfertigt. Der Vermieter muss dafür sorgen, dass dem Mieter fließendes Warmwasser in Küche und Bad nach zehn Sekunden zur Verfügung steht. Wartezeiten von fünf Minuten oder mehr rechtfertigen eine Mietminderung um zehn Prozent (Amtsgericht Schöneberg, AZ.: 102 C 55/94). (Quelle: ZDF 2003 Wiso-Redaktion.)

Damit der CO₂-Ausstoß aus Umweltschutzgründen gesenkt wird, gibt es verschiedene Anforderungen seitens des Gesetzgebers. Aber auch die Abhängigkeit von den Energieträgern Öl und Gas, die nicht unendlich zur Verfügung stehen, macht Vorschriften notwendig. So ist auf Basis des Energieeinspargesetzes (EEG) eine Energieeinsparverordnung (EnEV 2002) am 16. November 2001 erlassen worden. Der §10 verpflichtet den Inhaber von Anlagen der techni-

schen Gebäudeausrüstung, Wartungen durchführen zu lassen:

§ 10 Aufrechterhaltung der energetischen Qualität

(2) Energiebedarfssenkende Einrichtungen in Anlagen nach Absatz 1 sind betriebsbereit zu erhalten und bestimmungsgemäß zu nutzen. Satz 1 gilt als erfüllt, soweit der Einfluss einer Einrichtung auf den Jahres-Primärenergiebedarf durch anlagentechnische oder bauliche Maßnahmen ausgeglichen wird. (3) Heizungs- und Warmwasseranlagen sowie raumlufttechnische Anlagen sind sachgerecht zu bedienen, zu warten und instandzuhalten. Für die Wartung und Instandhaltung ist Fachkunde erforderlich. Fachkundig ist, wer die zur Wartung und Instandhaltung notwendigen Fachkenntnisse und Fertigkeiten besitzt.

In §15 wird auf die Regeln der Technik Bezug genommen. Hierzu gehören die Europäischen und Deutschen Normen (EN/DIN, DVGW-Arbeitsblätter). Nur Fachpersonal, das entsprechend ausgebildet ist, kann die Forderungen der DIN 1988 Teil 8 A13 erfüllen. Anmerkung: Auf die Verpflichtung zur Wartung sollte der Betreiber aus werkvertraglichen Gründen schriftlich unter Beifügung eines entsprechenden Wartungsvertrages hingewiesen werden. Wartungsverträge und Betriebsanleitungen sind über die Fachverbände SHK erhältlich. In der Trinkwasserverordnung (TrinkwV 2001) wird auf die Normen und Richtlinien hingewiesen, die einzuhalten sind:

2. Abschnitt Beschaffenheit des Wassers für den menschlichen Gebrauch §4 Allgemeine Anforderungen

(1) Wasser für den menschlichen Gebrauch muss frei von Krankheitserregern, genusstauglich und rein sein. Dieses Erfordernis gilt als erfüllt, wenn bei der Wassergewinnung, der Wasseraufbereitung und der Verteilung die allgemein anerkannten Regeln der Technik eingehalten werden und das Wasser für den menschlichen Gebrauch den Anforderungen der §§ 5 bis 7 entspricht. Für Trinkwasserinstallationen sind als allgemein anerkannte Regel der Technik die DIN 1988 (bzw. in der Folge europäische Normen) und die DVGW-Arbeitsblätter W 270, W551 bis W553 anzuwenden.

BIBB **Christiani**
Technisches Institut für
Aus- und Weiterbildung

wilo

Wilo-Brain Systemcheckliste für Trinkwarmwasser-Zirkulationsanlagen

Abnahme/Inbetriebnahme Wartung Bestandsaufnahme

Stempel SHK-Fachbetrieb

Auftraggeber: _____
 Straße: _____
 PLZ/Ort: _____
 Ansprechpartner: _____
 Standort der Anlage: _____
 Kunden/Anlagen Nr.: _____

✓ Ohne Beanstandung/
 Optimierung nicht erforderlich
A Komponente austauschen,
 da defekt/bzw. reparieren
S Voreinstellungen überprüfen/
 Komponenten reinigen
N Komponente zur Optimierung
 neu einbauen

☒ Komponenten Dokumentation Vorschläge zur Optimierung

Bild 31:
Kopfleiste Wilo-Brain
TWW-Systemcheckliste

Systemcheckliste

Sicherheit für das Einhalten der Forderungen aus den oben aufgeführten Verordnungen kann der Betreiber/Nutzer einer Trinkwarmwasserinstallation nur durch regelmäßige Wartung und Prüfung seines Systems erreichen. In der VOB 2002 Teil B §13 ist unter (2) der Mangelanspruch wie folgt begrenzt: „Bei maschinellen und elektrotechnischen/elektronischen Anlagen oder Teilen, bei denen die Wartung Einfluss auf die Sicherheit und Funktionsfähigkeit hat, beträgt die Verjährungsfrist für Mängelansprüche abweichend von Absatz 1 zwei Jahre, wenn der Auftraggeber sich dafür entschieden hat, dem Auftragnehmer die Wartung für die Dauer der Verjährungsfrist nicht zu übertragen.“

Zur Unterstützung bei der Durchführung von Prüf- und Wartungsarbeiten ist die Wilo-Brain Systemcheckliste entwickelt worden. Diese Liste ist als Ergänzung zu den Wartungslisten der Fachverbände und der Hersteller der Trinkwassererwärmer zu verstehen (siehe Bild 31).

In die Kopfleiste sind die Anlagedaten, der Auftraggeber und die Art der durchgeführten Arbeiten einzutragen: Im rechten Feld sind Kurzzeichen zur leichten Verständigung für Folgearbeiten aufgeführt. Die Wilo-Systemcheckliste ist in fünf Teile gruppiert, von denen jeder einen spezifischen, technischen Sachverhalt behandelt, der im Hinblick auf die vorhandene Anlage erfasst, dokumentiert und ausgewertet wird.

Pumpe und Regelung

Im ersten Teil der Checkliste geht es um Pumpe und Regelung, mit aufgeführt ist der Trinkwassererwärmer. Entsprechend der DIN EN 806 Teil 5 sind nachfolgende Punkte zu beachten.

Reinigung und Entkalkung: Zur Aufrechterhaltung eines einwandfreien Betriebes der Anlage ist dafür zu sorgen, dass Ablagerungen (Anodenschlamm, Steinbildung) beseitigt werden. Der Hersteller des Trinkwassererwärmers hat unter Berücksichtigung der verwendeten Werkstoffe die zur Reinigung und Entkalkung geeigneten Mittel sowie Reinigungs- und Spülverfahren zu benennen.

Durchführung: Fachmann.

Zeitabstand: Abhängig von Betriebsbedingungen und Wasserbeschaffenheit; erstmalig spätestens 2 Jahre nach der Inbetriebnahme, danach bei Bedarf.

Beim Trinkwassererwärmer ist nach 2 Jahren oder nach entsprechender Kontrolle durch die Wartungsöffnung der Hinweis S zu geben oder zu vermerken „gereinigt“ (siehe Bild 32).

Eine Inspektion ist unter den Hinweisen der DIN EN 806 Teil 5 Tabelle A.1 jährlich gefordert. Zu den notwendigen Arbeiten zählt auch die Prüfung und Nachjustierung der Regelung und der Zirkulationspumpe. Entsprechend der DVGW-Arbeitsblätter ist die Zirkulationstemperatur am Ein- und Austritt des Trinkwarmwasserbereiters zu prüfen. Achtung! Die Austrittstemperatur soll $\geq 60^\circ\text{C}$ und der Zirkulationseintritt $\geq 55^\circ\text{C}$ sein.

Der Trinkwarmwassererwärmer muss an der Regelung so eingestellt werden, dass 60°C beim Zirkulation Austritt erreicht oder überschritten werden – Ausnahme: Einfamilienhaus auf Wunsch des Betreibers $\geq 55^\circ\text{C}$. Liegt die Temperatur am Zirkulationseintritt unter 55°C , ist bei der Inbetriebnahme zu

prüfen, ob die umgewälzte Wassermenge ausreichend ist. Die Vorwahl der Pumpenstufe könnte bei einem vorhandenen hydraulischen Abgleich zu klein sein. Bei Anlagen, die einige Zeit zufriedenstellend funktioniert haben, führen Ablagerungen (Bild 33) im Pumpengehäuse oder Pumpenlaufrad zu einer geringeren Fördermenge. Eine Reinigung oder Erneuerung der Zirkulationspumpe ist erforderlich. Sollte die Temperatur trotz richtiger Wassermenge unter 55°C liegen, ist davon auszugehen, dass die Wärmedämmung der Rohrleitung defekt oder nicht vorhanden ist. Eine notwendige Erhöhung der Wassermenge zur Temperaturerreichung wird durch die zulässigen Fließgeschwindigkeiten begrenzt.

Hinweis: Aufgrund der Gefährdung von Menschen muss zuerst die Trinkwasserverordnung und dann erst die Energieeinsparverordnung eingehalten werden. Einfacher gesagt: Legionellenschutz geht vor Energiesparen. Aber bitte nicht unter dem Aspekt: Koste es, was es wolle.



Bild 33:
Ablagerungen
in einer Zirkulations-
pumpe

	☒	Komponenten	Dokumentation	Vorschläge zur Optimierung
Pumpen und Regelung	5	Trinkwasser-Erwärmer	● Fabrikat: _____ Typ: _____ ↓ Baujahr: _____ Größe: _____ kW	_____
	6	Trinkwarmwasser-Zirkulationspumpe	Fabrikat: _____ Pumpe 1 Pumpe 2	_____
	7		Typ: _____	_____
	8		Baujahr: _____	_____
9		□ Pumpenstufe/-sollwert: _____ Stufe/m _____ Stufe/m Regelart: Δp -_____ Δp -_____	_____	
10	Regelung für den Trinkwasser-Erwärmer	□ Fabrikat: _____ Typ: _____ □ Einstellung der Temperatur: _____ □ integrierte Pumpen Ein-/Ausschaltung	_____	

Bild 32:
Checklistenteil
Pumpe und
Regelung

Hydraulik

In der zweiten Gruppe der Checkliste geht es um die Hydraulik. Bei der Inbetriebnahme oder Inspektion sind Thermo-Zirkulations-Regulierventile und Strangregulierventile auf die richtige Temperaturwahl und Voreinstellung zu prüfen. Eine Kontrollmessung der Temperatur $\geq 55^\circ\text{C}$ ist an jedem Ventil vorzunehmen. Dies gilt auch für Wassermengenregler. Sind reine Kupferleitungen vorhanden, ist auf eine Strömungsgeschwindigkeit $\leq 0,5\text{ m/s}$ (besser $0,3\text{ m/s}$) in den Zirkulationsleitungen zu achten. Diese Prüfung ist bei Ventilen mit Messstutzen und einem Messcomputer oder Druckverlustdiagramm durchzuführen. Auch bei Flanscpumpen aus dem Hause Wilo ist mittels Differenzdruckmessung und Pumpendiagramm für die Hauptleitung eine Prüfung mühelos möglich (siehe Bild 34).

Schwerkraftbremsen vor den Zirkulationspumpen sind auf Funktion zu kontrollieren. Durch Schließen der Absperrarmatur in der Haupttrinkwasserleitung darf beim Öffnen einer Trinkwasserzapfstelle kein Wasser austreten. Wird nach einer Auskühlphase die Armatur geöffnet, muss nach kurzer Zeit am Speicheraustritt in der Hauptleitung

eine Temperatur von $\geq 60^\circ\text{C}$ anstehen und die Zirkulationsleitung wieder $\geq 55^\circ\text{C}$ erreichen. Zu prüfen ist die Temperatur mit Sekundenthermometern oder Infrarotthermometern mit einer Genauigkeitsklasse $< 1\text{K}$.

Enthärtungsanlagen sind jährlich (DIN EN 806-5), bei einer Gemeinschaftsanlage (mehrere Häuser/Eigentumswohnungen) alle 6 Monate durch ein Fachinstallationsunternehmen oder den Hersteller zu warten. Alle zwei Monate muss der Betreiber oder das Installationsunternehmen eine Inspektion durchführen.

An Filtern mit Rückspülung sind alle zwei Monate Wartungen durchzuführen, ohne Rückspülung alle 6 Monate. Der Betreiber muss auch auf die Wichtigkeit der regelmäßigen Wartung der Trinkwasseranlage hingewiesen werden. Dies gilt insbesondere bei Anlagen zur Behandlung von Trinkwasser, bei denen ergänzend noch darauf hingewiesen werden muss, dass bezüglich der Hygiene besondere Anforderungen einzuhalten sind.

Hydraulik	11	Thermo-Zirkulations-Regulierventil	<input type="checkbox"/>	Fabrikat: _____ <input type="checkbox"/> vorhanden	Typ: _____ <input type="checkbox"/> Voreinstellung o.k.	_____
	11	Strangregulierventil		<input type="checkbox"/> vorhanden	<input type="checkbox"/> Voreinstellung o.k.	_____
	13	Wassermengenregler		<input type="checkbox"/> vorhanden	<input type="checkbox"/> Voreinstellung o.k.	_____
	27	Fließgeschwindigkeit		<input type="checkbox"/> Kupferleitung	<input type="checkbox"/> max. $0,5\text{ m/s}$	_____
	28	Leitung ohne Zirkulation		<input type="checkbox"/> vorhanden	<input type="checkbox"/> $\leq 3\text{ Liter}$	_____
	14	Schwerkraftbremse		<input type="checkbox"/> vorhanden	<input type="checkbox"/> unterhalb der Pumpe	_____
	2	Enthärtungsanlage		Fabrikat: _____	Typ: _____	_____
	31			<input type="checkbox"/> vorhanden	<input type="checkbox"/> Voreinstellung o.k.	_____
	15	Trinkwasserfilter		<input type="checkbox"/> vorhanden	<input type="checkbox"/> regelmäßige Reinigung o.k.	_____

Bild 34: Checklistenteil
Hydraulik

Sicherheit

Der dritte Teil der Checkliste erfasst die Möglichkeiten zur Desinfektion in der Trinkwassererwärmung. Eine Prüfung in regelmäßigen Abständen ist unabdingbar. Die thermische Desinfektion ist bei automatischer Ausführung auf ihre Funktion der Temperaturerhöhung auf $\geq 70^\circ\text{C}$ zu kontrollieren. Muss die thermische Desinfektion aus Sicherheitsgründen (Verbrühen) manuell durchgeführt werden, dann muss ein Wartungsplan, wie in VDI 6023 aufgezeigt, erstellt werden. In der Checkliste ist in diesem Fall der Hinweis auf den Wartungsplan zu geben. Es muss sichergestellt sein, dass für mindestens 3 Minuten aus jeder Entnahmestelle mindestens 70°C warmes Wasser ausläuft. Je nach Anlagengröße und Leitungsführung kann die thermische Desinfektion abschnittsweise erfolgen. Für die Dauer der Desinfektion muss ein Verbrühungsschutz gewährleistet sein (Abschließen der Räume). Anschließend ist die Anlage in den normalen Betrieb zurückzuführen (siehe Bild 35).

Bei der UV-Desinfektion ist die UV-Anlage nach Herstellerangaben zu kontrollieren und zu warten. Um eine einwandfreie Wassergüte zu gewährleisten, muss das System in regelmäßigen Abständen thermisch oder chemisch desinfiziert werden. In Abhängigkeit von der Kontamination ist eine Spülung und Reinigung des Systems erforderlich. Achtung! Bei UV-Bestrahlung kommt es zur Umwandlung von Nitrat in Nitrit. Die Grenzwerte der Trinkwasserverordnung sind einzuhalten. Es sind Vorkehrungen entsprechend der Herstellerhinweise zu treffen.

Eine kontinuierliche Zugabe von chemischen Desinfektionsmitteln muss entsprechend der Trinkwasserverordnung erfolgen. Nach derzeitigem Kenntnisstand werden Legionellen dadurch nicht ausreichend beseitigt. Eine stetige Desinfektion mit Chemikalien ist demnach nicht zweckmäßig. Eine intervallartige Zugabe von desinfizierenden Chemikalien in hoher Konzentration ist deshalb erforderlich. Die Desinfektionsmaßnahme ist nach dem DVGW-Arbeitsblatt W 291 durchzuführen.

Die Desinfektionschemikalie muss alle Einzelzuleitungen erreichen. Dies kann durch kurzes Öffnen jeder Entnahmestelle hintereinander geschehen. Während der Desinfektionsmaßnahme muss durch geeignete Vorkehrungen sichergestellt sein, dass aus der behandelten Leitungsanlage kein Wasser als Trinkwasser entnommen wird. Wird die chemische Desinfektion abschnittsweise durchgeführt, sind die behandelten Leitungsabschnitte vom übrigen System abzutrennen. Bei Trinkwassererwärmern und Vorwärmstufen ist nach DVGW-Arbeitsblatt W 291 eine Oberflächendesinfektion vorzunehmen.

Ein Wartungsplan, wie in VDI 6023 aufgezeigt, sollte erstellt werden. In größeren Wohn- oder Bürogebäuden kann des Nachts mit Hilfe von Drei-Weg-Ventilen das Verteilsystem auf $\geq 70^\circ\text{C}$ für mindestens drei Minuten aufgeheizt und eine automatische Desinfektion gefahren werden. Das Installationsfachunternehmen ist verpflichtet, regelmäßig eine Wasseranalyse von den Wasserversorgern in seinem Betreuungsgebiet anzufordern. Nur hierdurch sind Gefahren, die durch die eingesetzten Werkstoffe ausgehen, frühzeitig erkennbar. Außerdem ist es notwendig, in regelmäßigen Abständen Stichproben von Trinkwarmwasser untersuchen zu lassen. Empfehlenswert für die Anlagensicherheit ist es, die Probe an unterschiedlichen Zapfstellen zu entnehmen, um unterschiedliches Legionellenwachstum zu erkennen.

In Schulen, Kindergärten, Altenheimen, Hotels, Gaststätten etc. muss der Inhaber/Betreiber jährlich eine Wasseranalyse durchführen lassen. Zuständig sind die Gesundheitsämter. Werden bei einer Prüfung Kontaminationen festgestellt, sind sofort die im §9 der TrinkwV 2001 vorgesehenen Maßnahmen zu ergreifen. Das Gesundheitsamt muss informiert werden! Sind Legionellen in einer Anzahl von mehr als 1000 KBE/100 ml vorhanden, ist eine Sanierungserfordernis gegeben. Die beste Maßnahme ist die thermische Desinfektion.

Sicherheit	18	Thermische Desinfektion	<input type="checkbox"/> vorhanden	<input type="checkbox"/> Voreinstellung o.k.	
		UV-Desinfektion	<input type="checkbox"/> vorhanden	<input type="checkbox"/> Voreinstellung o.k.	
	21	Chemische Desinfektion	<input type="checkbox"/> vorhanden	<input type="checkbox"/> Voreinstellung o.k.	
	22	Mischeinrichtung (3-Weg)	<input type="checkbox"/> vorhanden	<input type="checkbox"/> Voreinstellung o.k.	
	20	Wasseranalyse	<input type="checkbox"/> vorhanden	<input type="checkbox"/> Werte nach TrinkwV o.k.	

Bild 35: Checklistenteil
Sicherheit

Druckhaltung

Der vierte Teil der Checkliste befasst sich mit dem hydraulischen Zustand des Systems (siehe Bild 36).

Trinkwasser-Installationen müssen regelmäßig gewartet werden. Dies gilt insbesondere für die Sicherheitseinrichtungen, welche die Anlage vor unkontrollierten Gefahrezuständen, wie z. B. durch unzulässig hohen Druck oder Temperaturanstieg, schützen sollen. Dies sind z. B. Sicherheitsventile oder Sicherheitstemperaturbegrenzer. In besonderem Maße gilt die Wartungsverpflichtung auch für die Sicherungsarmaturen, die eingebaut werden, um ein Rückfließen von verunreinigtem Wasser in die Trinkwasser-Installation oder gar in die Versorgungsleitung zu verhindern. Dazu gehören der freie Auslauf, Rohrtrenner, Rückflussverhinderer, Rohrbelüfter und Rohrunterbrecher. In regelmäßigen Zeitabständen müssen diese Einrichtungen auf eine sichere Funktion überprüft und, soweit erforderlich, durch Erneuerung von Verschleißteilen wie Dichtungen, Federn und Membranen in einwandfreiem Betriebszustand gehalten werden.

Die Prüfung des Membranausdehnungsgefäßes muss jährlich vorgenommen werden. Nachdem das Gefäß von der Trinkwasserseite getrennt und drucklos gemacht wurde, ist der Stickstoffdruck zu prüfen. Der Stickstoffdruck muss 0,5 bar unter dem garantierten Trinkwasserdruck liegen. Nun wird bei ausgeschalteter Zirkulationspumpe und dem wieder unter Wasserdruck stehenden Membranausdehnungsgefäß der Trinkwassererwärmer auf seine größte Solltemperatur gefahren. Öffnet nun das Sicherheitsventil, ist das Membranausdehnungsgefäß zu klein oder die zulässige Heizleistung ist zu groß. Es muss also das Gefäß getauscht oder die Heizleistung verringert

werden.

Druckregler vor einem Trinkwarmwasserspeicher sind die Gewähr für einen zuverlässigen maximalen Versorgungsdruck im Betrieb. Die Prüfung erfolgt durch ein Manometer am Ausgang des Druckreglers. Zur Beurteilungssicherheit sind die Trinkkaltwasserleitung nach dem Abgang der Warmwasserversorgung zu sperren und in der Trinkwarmwasserleitung eine Zapfstelle zu öffnen. Ist der Druck hinter dem Regler jetzt zu hoch, stimmt die Einstellung nicht oder ein Defekt liegt vor. Es ist neu einzustellen bzw. das Bauteil muss getauscht werden.

Zur Prüfung des vorgeschriebenen Rückflussverhinderers wird der Trinkkaltwasserzulauf abgesperrt und vor dem Bauteil entlüftet. Es darf kein warmes Wasser austreten. Tritt erwärmtes Wasser aus, ist der Rückflussverhinderer verschmutzt oder defekt. Er muss ausgetauscht werden. Eine Reparatur sollte nur durch den Hersteller erfolgen.

Das Sicherheitsventil ist nach seinem Typenschild auf die richtige Auslegung hinsichtlich Trinkwassererwärmergröße und -leistung zu prüfen. Durch Betätigen seiner Anlüftvorrichtung wird die Abblaseeigenschaft getestet. Nach Loslassen der Anlüftvorrichtung muss das Ventil wieder schließen und das anstehende Wasser ablaufen. Liegt eine Funktionsstörung vor, kann durch mehrmaliges Betätigen der Anlüftvorrichtung eine Instandsetzung versucht werden. Schließt das Ventil nicht mehr, ist es auszutauschen. Der freie Auslauf muss gewährleistet sein.

Die Bauteile im Checklistenteil Druckhaltung sind einmal jährlich zu inspizieren. Das Sicherheitsventil muss alle 6 Monate getestet werden.

Druckhaltung	16	Membranausdehnungsgefäß MAG	<input type="checkbox"/>	Fabrikat: _____	Typ: _____	_____
	17			Baujahr: _____	Größe: _____	_____
	23			Vordruck: _____ bar	Systemdruck: _____ bar	_____
	24					
		Druckregler Kaltwasser	<input type="checkbox"/> vorhanden	<input type="checkbox"/> Ausgangsdruck: _____ bar	_____	
	5	Rückflussverhinderer Kaltwasser	<input type="checkbox"/> vorhanden	<input type="checkbox"/> Funktion o.k.	_____	
	25	Sicherheitsventil Kaltwasser	<input type="checkbox"/> vorhanden	<input type="checkbox"/> Voreinstellung o.k.	_____	

Bild 36: Checklistenteil Druckhaltung

Wartung und Service

Trinkwasserinstallationen müssen, wie alle technischen Einrichtungen, regelmäßig gewartet werden, ihre ordnungsgemäße Funktion ist daher regelmäßig zu überprüfen, da ansonsten die Wasserqualität beeinträchtigt werden kann.

Bei mangelhafter Wartung, insbesondere von eingebauten Armaturen und Apparaten, kann es zu Gefährdungen durch das veränderte Trinkwasser kommen. Während bei Sicherungsarmaturen der beabsichtigte Schutz ganz oder teilweise verloren gehen kann, ist es bei Apparaten (z. B. Anlagen zur Behandlung von Trinkwasser oder Trinkwassererwärmern) möglich, dass unerwünschte Stoffe oder erwünschte Stoffe in zu großer Menge in das Trinkwasser gelangen (siehe Bild 37).

Die fünfte Gruppe der Checkliste beinhaltet auch die Angabe über die Existenz eines Wartungsvertrages. Erst wenn in der Checkliste „Wartungsvertrag vorhanden“ angekreuzt ist, wird für alle Beteiligten ein hoher Sicherheitsstandard erreicht. Nur durch fachlich gut ausgebildetes Servicepersonal werden der Sicherheitsstandard gewährleistet und Strafanzeigen wegen Mängeln im Elektronikbereich (Rhön-Klinikum Frankfurt/Oder) oder aufgrund von Verstößen gegen die Trinkwasserverordnung vermieden (siehe Bild 38).

Zu einer guten Serviceleistung gehört eine konkrete Aussage darüber, wer die Arbeiten durchgeführt und wer von Seiten des Auftraggebers informiert wurde. Durch Unterschriften wird deutlich, wer die Arbeiten verantwortlich erledigt hat und wer den Anlagenzustand nach der Wartung zur Kenntnis genommen hat. Wenn in der Spalte „Wartungsvertrag“ nichts angekreuzt ist, muss der betroffene Fachbetrieb den Auftraggeber auf die Wartungspflicht nach EnEV und auf seine Verantwortung für die Hausanlage nach TrinkwV 2001 hinweisen. Jede Fachfirma ist aufgrund ihrer Fachkompetenz mit haftbar und gut beraten, bei Mängeln und Nichteinhalten von Sicher-

heitsstandards schriftliche Hinweise und Wartungsangebote abzugeben.

Die Führung eines Heizung-Sanitär-Klimafachbetriebes wird aufgrund des Gefährdungspotenzials im Bereich Trinkwasser auch in Zukunft (Clement-Konzept) nur durch einen geprüften Fachmeister möglich sein. Das bedeutet, dass insbesondere das Servicepersonal stetig weitergebildet werden muss. Allein die Meisterzulassung reicht nicht aus! Ein Angebot zur Weiterbildung speziell zu Trinkwarmwasser gibt es seit Januar 2004 in den Wilo-Brain Centren, die flächendeckend bundesweit vertreten sind. Empfehlenswert ist es, wenn aus den Fachbetrieben die Inhaber und das Servicepersonal die Schulungsangebote der Innungen und der Hersteller regelmäßig nutzen und somit ihren Wissensstand erhalten und erweitern.

Zur Sicherung der Qualität der Arbeiten gibt es Wartungslisten der Fachverbände. Zu komplexen Bauteilen gibt es Wartungslisten von den Herstellern. Übergreifend werden zum Thema Trinkwarmwasserzirkulation seit 2014 die Medien mit den Inhalten Wilo-Brain Systemcheckliste-TWW, Tipps und Tricks usw. als Download auf der Website www.shk-optimal.de angeboten.



Bild 37: Ablagerungen in einer Pumpe durch falsch gewartete Enthärtungsanlage

Service	22	Wartungsvertrag	<input type="checkbox"/> vorhanden	<input type="checkbox"/> 1x	<input type="checkbox"/> _____ x	<input type="checkbox"/> Wartungsvertrag anbieten
	23		<input type="checkbox"/> Wartungsintervalle jährlich			
	24					
Datum/Ort						
			Unterschrift Kundendienst		Unterschrift Auftraggeber/Vertreter	

Bild 38: Checklistenteil Service und Unterschriften



Wilo-Seminare die Praxisnahen

Wenn es um Fach- und Systemkompetenz geht, kennen Sie sich bestens aus. Denn als Profi stehen Sie Ihren Kunden Tag für Tag zur Seite. Umso wichtiger ist es, dass Sie in puncto Fachwissen immer am Ball bleiben, es permanent auffrischen und professionell erweitern. Denn so können Sie natürlich auch Ihr Dienstleistungsangebot und damit Ihre Auftragslage optimieren.

Wilo-Produktschulungen

Die Wilo-Seminare helfen Ihnen, Ihre Fachkompetenz immer auf dem aktuellen Stand zu halten: mit vielen Schulungen im Bereich Heizung, Kälte, Klima, der Wasserversorgung sowie der Abwasserentsorgung.

Die Seminare sind gezielt auf die Anforderungen Ihres Arbeitsalltags zugeschnitten. Unsere Trainer verfügen über langjährige Erfahrungen im Fachhandwerk und vermitteln die Seminarinhalte deshalb immer mit direktem Bezug zur täglichen Praxis.

Die Bildungszentren in Dortmund und Oschersleben (hier können Sie Druckerhöhlungsanlagen live erleben) bieten ein optimales Umfeld für modernes Lernen auf höchstem Niveau. Neben Konferenz- und Besprechungsräumen verfügen sie über praxisnah ausgestattete Ausbildungsräume: ideal für die handlungsorientierte Schulung an Pumpen- und Anlagenmodellen.

Die eintägigen Veranstaltungen – inklusive Mittagessen – sind für Sie kostenlos. Die erfolgreiche Seminar-Teilnahme wird mit einem Wilo-Zertifikat ausgezeichnet.

Wilo-Brain Seminare

80 bis 90 % aller Kundenreklamationen bezüglich Heizungs- und Trinkwarmwasser-Zirkulationsanlagen ließen sich ganz einfach vermeiden: durch eine bedarfsgerechte Auslegung bzw. Einstellung der Anlage.

Wilo-Brain hilft Ihnen dabei, Ihre Kunden zufriedener zu machen und Ihr Geschäft erfolgreicher zu gestalten. Hierbei handelt es sich nicht um eine Produktschulung, sondern um eine herstellerübergreifende, allgemeine Systemschulung. Wilo-Brain nutzt vorhandenes Wissen, stellt dieses in einen systematischen Zusammenhang und bietet überdies brandaktuelle Tipps und Tricks für Installation und Wartung. Ob hydraulischer Abgleich von Heizungsanlagen oder Hygienesicherung in der Trinkwarmwasser-Zirkulation: Wilo-Brain vermittelt Kompetenz für einen geräuschlosen, störungsfreien Anlagenbetrieb und dauerhafte Energieeffizienz.

Die Systemschulungen finden in Wilo-Brain Centern – überbetrieblichen Ausbildungsstätten der Innungen, Kammern und Fachschulen – in allen Teilen Deutschlands statt.

Die WIL0 SE hat alle Texte in dieser Unterlage mit großer Sorgfalt erarbeitet. Dennoch können Fehler nicht ausgeschlossen werden. Eine Haftung des Herausgebers, gleich aus welchem Rechtsgrund, ist ausgeschlossen.

Redaktionsteam

Prof. Dr. Manfred Hoppe, Andreas Millies, Kersten Siepmann, Manfred Oraschewski, Bernd Rudolph

Copyright 2014 by WIL0 SE, Dortmund (Hrsg. Wilo-Brain)

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung der WIL0 SE unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmung, Bearbeitung sonstiger Art sowie für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen. Dies gilt auch für die Entnahme von einzelnen Abbildungen und bei auszugsweiser Verwendung von Texten.

2. Auflage 2014



BIBB
Bundesinstitut für
Berufsbildung
Robert-Schuman-Platz 3
53175 Bonn
T 0228 107-0
F 0228 107-2977
zentrale@bibb.de
www.bibb.de

Dr.-Ing. Paul Christiani
GmbH & Co. KG
Technisches Institut für
Aus- und Weiterbildung
Hermann-Hesse-Weg 2
78464 Konstanz
T 07531 5801-26
F 07531 5801-85
info@christiani.de
www.christiani.de

WILO SE
Wilo-Brain Zentrale
Nortkirchenstraße 100
44263 Dortmund
T 0231 4102-6340
F 0231 4102-7849
brain@wilo.com
www.wilo.de

