

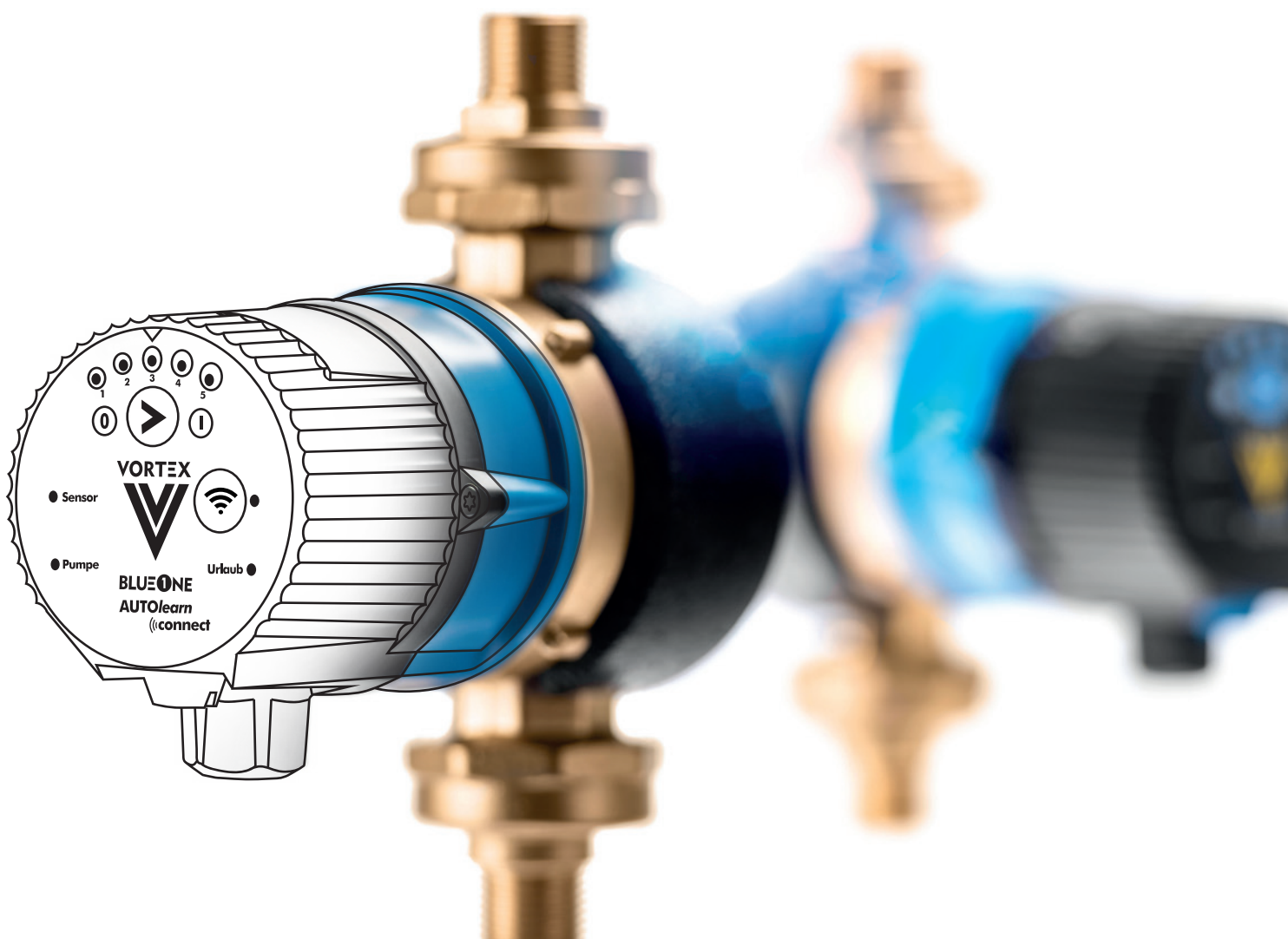
BLUEONE

DIE SMARTEN, HOCHEFFIZIENTEN
BRAUCHWASSERPUMPEN VON VORTEX



TECHNISCHE INFORMATION

TRINKWASSERZIRKULATION MIT
DER BWO 155 BAUREIHE



GRUNDSÄTZLICHES ZU ZIRKULATIONSANLAGEN

VORTEX ZIRKULATIONSPUMPEN

REGELKOMPONENTEN

EINBAU UND WARTUNG

DIMENSIONIERUNG

HYGIENISCHE ANFORDERUNGEN

INHALTSVERZEICHNIS

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

4

1 GRUNDSÄTZLICHES ZU ZIRKULATIONSANLAGEN

5

- 1.1 Anforderungen an das Trinkwasser und das Zirkulationssystem 5
- 1.2 Allgemeines zum Einsatz von Zirkulationsanlagen 5
- 1.3 Grundsätzlicher Aufbau eines Warmwasserverteilungssystems mit Zirkulation 5
- 1.4 Bedingungen für den wirtschaftlichen Einsatz eines Zirkulationssystems 6
- 1.5 Technische Regeln zur Dimensionierung von Zirkulationsanlagen 6
 - 1.5.1 DIN 1988: Technische Regeln für Trinkwasserinstallationen 6
 - 1.5.2 Energieeinsparverordnung (EnEV) 6
 - 1.5.3 DVGW-Arbeitsblätter W 551 und W 553 6

1

2 VORTEX ZIRKULATIONSPUMPEN

7

- 2.1 Technik und Aufbau 7
- 2.2 Garantie 9
- 2.3 Wartung 9

2

3 REGELKOMPONENTEN VON ZIRKULATIONSPUMPEN

10

- 3.1 Zeitschaltuhr 10
- 3.2 Thermostat 10
- 3.3 Selbstlernmodul – **AUTO**learn 10
- 3.4 Zusammenhang zwischen Bereitstellungsenergie und Laufzeit 10
- 3.5 Amortisationszeit 11
- 3.6 Zirkulationsregler 11
- 3.7 Fernsteuerung von Zirkulationspumpen 11

3

4 EINBAU DER ZIRKULATIONSPUMPEN

12

- 4.1 Allgemeines über den Einbau 12
- 4.2 Entlüftung der Zirkulationsanlage 12
- 4.3 Motortausch statt Pumpentausch 13
- 4.4 Rückschlagventil 14
- 4.5 Fehlervermeidung beim Einbau 14
 - 4.5.1 Allgemeines über Störungen 14
 - 4.5.2 Installationsfehler 14
 - 4.5.3 Steuerung über den Heizkessel 15

4

5 DIMENSIONIERUNG DES ZIRKULATIONSSYSTEMS 16

5.1	Pumpenkennlinie	16
5.2	Rohrnetzkenlinie	16
5.3	Betriebspunkt	17
5.4	Hydraulischer Abgleich von Zirkulationsleitungen	17
5.4.1	Voreinstellung durch manuelle Strangregulierventile	17
5.4.2	Thermostatisch gesteuerte Strangregulierventile	17
5.5	Berechnungsverfahren für Zirkulationssysteme	18
5.6	Berechnungsverfahren nach DVGW-Arbeitsblatt W 553	18
5.6.1	Kurzverfahren	18
5.6.2	Vereinfachte Berechnung von Zirkulationsanlagen	18
5.6.2.1	Vereinfachungen und Berechnungsgang	19
5.6.2.2	Berechnungsbeispiel	20
5.7	Differenziertes Verfahren nach DIN 1988-300	22

6 HYGIENISCHE ANFORDERUNGEN BEIM PUMPENBETRIEB 23

6.1	Gefahr durch Legionellen im Trinkwasser	23
6.2	Neue Trinkwasserverordnung – Untersuchungspflichten	23
6.3	Betrieb von Zirkulationspumpen – Vereinbarkeit von Energiespar- und Hygieneanforderungen	24

7 LITERATURVERZEICHNIS 26

FIRMENHISTORIE – SEIT 1965 ERFAHRUNG MIT BRAUCHWASSERPUMPEN 27

IMPRESSUM

Herausgeber:

©Deutsche Vortex GmbH & Co. KG
Kästnerstraße 6
71642 Ludwigsburg
Germany

Gestaltung:

raumkontakt_werbeagentur
www.raumkontakt.de

Nachdruck, Vervielfältigung und Übersetzung, auch auszugsweise, nur mit unserer vorherigen schriftlichen Zustimmung und mit Quellenangabe gestattet. Änderungen und Bildabweichungen vorbehalten. Haftung ausgeschlossen.

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

BEGRIFFE

D	Drossel	ISO	Internationale Norm
DIN	Deutsches Institut für Normung	TrinkwV	Trinkwasserverordnung
DN	Durchmesser nominal	TS	Teilstrecke
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches	TW	Trinkwasser
EDV	Elektronische Datenverarbeitung	TWE	Trinkwassererwärmer
EN	Europäische Norm	TWW	Trinkwasser warm
EnEG	Energieeinsparungsgesetz	TWZ	Trinkwasserzirkulation
EnEV	Energieeinsparverordnung	ZR	Zirkulationsregler

FORMELZEICHEN

c	Spezifische Wärmekapazität des Wassers	[Wh/kg K]
d_a	Außendurchmesser	[mm]
H	Förderhöhe	[m]
l	Länge (einer Teilstrecke)	[m]
l_{w,K}	Länge aller vom Umlauf betroffenen Versorgungsleitungen im Keller	[m]
l_{w,S}	Länge aller vom Umlauf betroffenen Versorgungsleitungen im Schacht	[m]
p	Druck	[bar]
Δp_D	Überschüssiger, abzdrosselnder Druck	[mbar]
Δp_p	Förderdruck der Zirkulationspumpe	[mbar]
Δp_{TH}	Druckverlust des Thermostatventils (falls vorgesehen)	[mbar]
Δp_{AP}	Druckverluste in Apparaten (z. B. externe Wärmeübertrager zur Deckung der Wärmeverluste im Zirkulationssystem)	[mbar]
Δp_{RV}	Druckverlust des Rückschlagventils nach Herstellerangaben	[mbar]
Q̇_a	Wärmeverlust der Warmwasserleitungen im Abzweigweg	[W]
Q̇_d	Wärmeverlust der Warmwasserleitungen im Durchgangsweg	[W]
Q̇_w	Wärmeverlust aller Warmwasserleitungen	[W]
q̇_{w,K}	Wärmeverlust der im Keller verlegten Warmwasserleitungen	[W/m]
q̇_{w,S}	Wärmeverlust der im Schacht verlegten Warmwasserleitungen	[W/m]
R	Rohrreibungsdruckgefälle	[mbar]
T	Temperatur	[°C]
t	Zeit	[h]
Ṡ	Zum Abzweig geführter Volumenstrom	[m³/h]
Ṡ_p	Fördermenge der Zirkulationspumpe	[m³/h, l/h]
Ṡ_a	Volumenstrom in der abzweigenden Teilstrecke	[m³/h]
Ṡ_d	Volumenstrom im Durchgangsweg	[m³/h]
Ṡ_z	Zirkulationsvolumenstrom der Teilstrecke	[l/h]
Ṡ_{RL}	Wasserinhalt des Zirkulationssystems	[m³]
v	Fließgeschwindigkeit	[m/s]
Z	Druckverlust aus Einzelwiderständen	[mbar]
ρ	Dichte des Wassers	[kg/l]
Δθ	Temperaturdifferenz	[K]
Δθ_w	Rechnerische Temperaturdifferenz bzw. Abkühlung des Warmwassers bis zum Abgang der Zirkulationsleitung von der Versorgungsleitung	[K]
ζ	Verlustbeiwert	

1 GRUNDSÄTZLICHES ZU ZIRKULATIONSANLAGEN

1.1

ANFORDERUNGEN AN DAS TRINKWASSER UND DAS ZIRKULATIONSSYSTEM

Trinkwasser ist Wasser, das bezüglich Aussehen, Geruch, Geschmack sowie unter chemischen, physikalischen und bakteriologischen Gesichtspunkten der DIN 2000 entspricht.

Die wichtigste Anforderung an das Trinkwasser findet sich in § 4 der aktuellen Trinkwasserverordnung (TrinkwV) [1, 2]: Es muss rein und genusstauglich und insbesondere frei von Krankheitserregern sein. Dies gilt dann als erfüllt, wenn die Konzentrationen von Mikroorganismen und chemischen Stoffen bestimmte Grenzwerte nicht überschreiten. Die Sicherstellung der Grundgüte des Trinkwassers ist in erster Linie Aufgabe des Wasserversorgungsunternehmens. Die technischen Regeln zum Schutz des Trinkwassers und zur Erhaltung der Trinkwassergüte in der Haus-Trinkwasserinstallation werden z. B. in der DIN 1988-100 [4] angegeben.

Trinkwasser ist so lange Trinkwasser, bis es vom Verbraucher entnommen wird. Auch das im Umlauf befindliche Warmwasser, ob nun in der Warmwasserverteilung oder in der Zirkulationsleitung, gehört dazu. Gezielte technische Maßnahmen sind deshalb notwendig, um die Trinkwassergüte bis zur Entnahme zu gewährleisten.

1.2

ALLGEMEINES ZUM EINSATZ VON ZIRKULATIONSANLAGEN

In Trinkwasseranlagen mit zentraler Trinkwassererwärmung setzen größere Leitungslängen eine Zirkulationsleitung voraus, damit das Warmwasser in der gewünschten Temperatur an der Entnahmestelle bereitgestellt werden kann. Dabei muss die Zirkulation mithilfe einer Zirkulationspumpe erfolgen.

Eine natürliche Zirkulation (Schwerkraftzirkulation), sofern physikalisch überhaupt möglich, verursacht einen heute nicht mehr vertretbaren hohen Energieverbrauch. Deshalb wird sie in den technischen Regelwerken für Trinkwasserinstallationen ausgeschlossen. Vielmehr ist der Einbau von Zirkulationssystemen sogar in kleinen Wohnanlagen (Ein-/Zweifamilienhäuser) zwingend vorgeschrieben, wenn das Volumen in der Warmwasserleitung vom Speicher bis zur entferntesten Entnahmestelle 3 Liter übersteigt [5]. Durch verschiedene Regelkomponenten können Zeit und Dauer des Pumpenlaufs beeinflusst werden, so dass ein Dauerlauf der Pumpe vermieden wird (siehe auch Kap. 3).

1.3

GRUNDSÄTZLICHER AUFBAU EINES WARMWASSERVERTEILUNGSSYSTEMS MIT ZIRKULATION

Die Trinkwasserzirkulation besteht aus einer Versorgungsleitung (Vorlauf) und der Zirkulationsleitung (Rücklauf). Die Versorgungsleitung erstreckt sich vom Trinkwasser-

erwärmer bis vor die letzte Entnahmestelle. Die Zirkulationsleitung beginnt unterhalb des höchsten Abzweigstückes der Versorgungsleitung. Rohrverteilungen mit Zirkulation können mit unterer (**Bild 1**) oder oberer Verteilung (**Bild 2**) verlegt werden.

In die einzelnen Zirkulationsstränge sind Regulierventile einzubauen (hydraulischer Abgleich!). Diese verhindern, dass in strömungsgünstigeren Leitungsabschnitten große Volumenströme umgewälzt werden, während andere weitestgehend „tot“ und dabei kalt bleiben (siehe auch Kap. 3.6). In der Zirkulationsleitung muss hinter der Pumpe ein Rückschlagventil vorgesehen werden, um Schwerkraftumlauf sowie eine Durchströmung der Zirkulationspumpe entgegen der Förderrichtung zu den Entnahmestellen zu verhindern. Ein Rückschlagventil ist im V-Pumpengehäuse der VORTEX Zirkulationspumpen mit Kugelmotor bereits serienmäßig eingebaut.

In die Zirkulationsleitung wird die Zirkulationspumpe mit Förderrichtung zum Trinkwassererwärmer eingebaut (**Bild 3**).

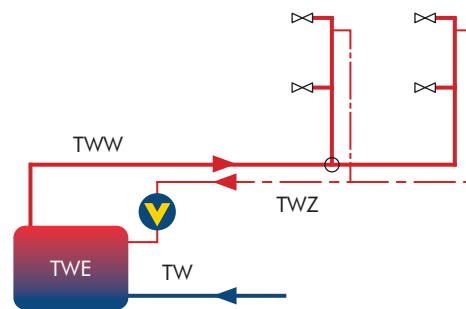


Bild 1: untere Verteilung

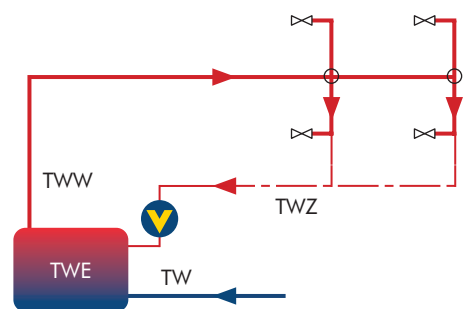


Bild 2: obere Verteilung

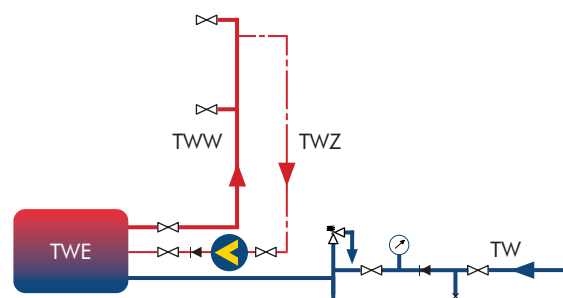


Bild 3: Aufbau eines Warmwasserverteilungssystems mit Zirkulation

1.4

BEDINGUNGEN FÜR DEN WIRTSCHAFTLICHEN EINSATZ EINES ZIRKULATIONSSYSTEMS

Die Bereitstellungsenergie, die beim Betrieb der Zirkulationspumpe anfällt, sollte durch gezielte Maßnahmen verringert werden.

MASSNAHMEN ZUR VERRINGERUNG DER BEREITSTELLUNGSENERGIE

- ▼ Kleinstmögliche Dimensionierung der Zirkulationspumpe
- ▼ Richtige Dimensionierung der Versorgungs- und Zirkulationsleitungen
- ▼ Thermische und/oder zeitliche Regelung der Zirkulationspumpe (siehe Kap. 3.1 bis 3.3)
- ▼ Regelung mit Zirkulationsreglern (siehe Kap. 3.6)
- ▼ Isolierung der Versorgungs- und Zirkulationsleitungen nach EnEV

1.5

TECHNISCHE REGELN ZUR DIMENSIONIERUNG VON ZIRKULATIONSANLAGEN

1.5.1

DIN 1988: TECHNISCHE REGELN FÜR TRINKWASSERINSTALLATIONEN

Diese Norm (Teil 200 für geschlossene Systeme) [5] umfasst Vorschriften für die Planung, Errichtung, Änderung, Instandhaltung und den Betrieb von Trinkwasseranlagen in Gebäuden und auf Grundstücken. Im Teil 300 [6] werden Bemessungsgrundlagen für Warmwasser-Zirkulationssysteme angegeben.

Bei der Dimensionierung der Zirkulationspumpe ist zu beachten, dass die Fließgeschwindigkeit von 0,5 m/s in der Zirkulationsleitung nicht überschritten wird. Bei Zirkulationsanlagen mit mehreren Zirkulationssträngen ist der Einbau von Drosselarmaturen (Regulierventile) zum hydraulischen Abgleich vorgeschrieben.

1.5.2

ENERGIEEINSPARVERORDNUNG (ENEV)

Die Energieeinsparverordnung (EnEV) [3] basiert auf dem Energieeinsparungsgesetz (EnEG), dessen Ziel es ist, dass in Gebäuden nur so viel Energie verbraucht wird wie notwendig. Energieverschwendung soll damit zum Zwecke des Klimaschutzes verhindert werden.

Die EnEV oder „Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden“ ist am 1. Februar 2002 in Kraft getreten und zuletzt am 24. Oktober 2015 geändert worden. Wichtige Vorgaben daraus sind: Rohrleitungen und Armaturen im Warmwassersystem sind gegen Wärmeverluste mit den vorgegebenen Mindest-Dämmschichtdicken zu dämmen, die Warmwassertemperatur im Rohrnetz ist auf höchstens

60 °C zu begrenzen.

Zirkulationspumpen müssen mit selbständig wirkenden Einrichtungen zur Ein- und Ausschaltung ausgestattet werden, um deren Dauerlauf zu verhindern.

1.5.3

DVGW-ARBEITSBLÄTTER W 551 UND W 553

Das DVGW-Arbeitsblatt W 551 [8] beschreibt technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums in Warmwassersystemen der Trinkwasserinstallation. Wichtige Punkte daraus sind:

- ▼ Einhaltung der Austrittstemperatur am Trinkwassererwärmer von mindestens 60 °C, bei Kleinanlagen mindestens 50 °C (höhere Temperaturen wären zur Legionellenabtötung zwar effektiver, hätten aber mehr Energieverluste sowie erhöhte Kalkablagerung und Materialbeanspruchung zur Folge).
- ▼ Der Temperaturabfall im zirkulierenden Warmwassersystem darf maximal 5 K betragen.
- ▼ Zeitsteuerungen sind so einzustellen, dass die Zirkulation täglich nicht länger als 8 Stunden unterbrochen wird (die Pumpenlaufzeiten können unter bestimmten Bedingungen weiter reduziert werden [siehe Kap. 6.3]).
- ▼ Auslegung der Anlagen so, dass der gesamte Wassergehalt von Vorwärmstufen einmal am Tag auf 60 °C erwärmt werden kann.
- ▼ Stockwerks- und Einzelzuleitungen mit einem Wasservolumen bis 3 Liter können ohne Zirkulation geplant werden.
- ▼ In Anlagen mit einem Rohrleitungsinhalt ab 3 Liter zwischen Trinkwassererwärmer und Entnahmestelle sowie in Großanlagen sind Zirkulationsleitungen einzubauen (siehe Kap. 1.2).

Aufgrund des hohen Temperaturniveaus im Warmwassersystem ist es empfehlenswert, als Verbrühschutz Armaturen mit integriertem Temperaturbegrenzer oder Thermostatmischbatterien einzubauen. Schließlich werden im Arbeitsblatt Maßnahmen zur Sanierung von mit Legionellen kontaminierten Warmwassersystemen beschrieben.

Die Bemessung von Zirkulationssystemen in zentralen Trinkwassererwärmungsanlagen wird in Ergänzung der DIN 1988, Teil 300 [6] im DVGW-Arbeitsblatt W 553 [9] erläutert (siehe Kap. 5.6). Voraussetzung für die in diesem Arbeitsblatt beschriebenen Berechnungsverfahren ist die Dämmung der Versorgungs- und Zirkulationsleitung nach EnEV.

2 VORTEX ZIRKULATIONSPUMPEN

Energieeinsparung und Benutzerkomfort stehen bei den VORTEX Zirkulationspumpen (Brauchwasserpumpen) an erster Stelle. Der hocheffiziente Permanentmagnetmotor der Pumpenbaureihe BlueOne (Typbezeichnung BWO 155) ist vorwiegend für Ein- und kleine Mehrfamilienhäuser geeignet. Die sehr geringe Leistungsaufnahme liegt zwischen 2,5 und 9 Watt. Mit den VORTEX Regelmodulen

werden die Vorschriften der EnEV [3] zum selbsttätigen Ein- und Ausschalten der Zirkulationspumpe und zum Begrenzen der Warmwassertemperatur erfüllt. Das Baukastensystem der BlueOne-Baureihe ermöglicht Kombinationen von Pumpengehäuse, Motor und Regelkomponente für jeden individuellen Einsatzfall.



Bild 4:
BWO 155 SL CONNECT
Selbstlernmodul mit
AUTOlearn-Technologie



Bild 5:
BWO 155 SL
Selbstlernmodul mit
AUTOlearn-Technologie



Bild 6:
BWO 155 Z
Zeitschaltuhr



Bild 7:
BWO 155 ERT
Elektronischer
Regelthermostat



Bild 8:
BWO 155
ohne Regelmodul
(Dauerläufer)



Bild 9:
BWO 155 12V
ohne Regelmodul
(Dauerläufer)

2.1

TECHNIK UND AUFBAU

Die VORTEX Zirkulationspumpen BlueOne sind, wie schon die früheren VORTEX Pumpenbaureihen BW 150–154, mit einem Kugelmotor ausgerüstet.

Im Unterschied zum konventionellen Spaltrohrmotor hat der Kugelmotor keine umlaufende Lagerwelle, sondern einen feststehenden Lagerstift, auf dem ein halbkugelförmiger Rotor aufliegt. Der Stator erzeugt ein drehendes Magnetfeld und überträgt dieses auf den im wasserführenden Teil der Pumpe befindlichen Rotor. Der wasserführende Teil der Pumpe ist hermetisch vom Stator getrennt.

Der Rotor ist taumelnd mit seiner Lagerpfanne auf einer Lagerkugel gelagert, die über den Lagerstift fest mit der Trennkalotte verbunden ist (**Bild 10, 11**). Ein Vorteil dieser Konstruktion ist die spielfreie Lagerung, die mit einer einzigen Lagerstelle eine nur sehr geringe Lagerreibung erzeugt. Dies trägt zu der sehr geringen elektrischen Leistungsaufnahme des Kugelmotors bei und es werden nahezu keine Geräusche verursacht. Das Rotorlager ist selbstnachstellend und wird durch das Wasser geschmiert.

Die VORTEX Zirkulationspumpen BlueOne werden vorzugsweise mit dem Verschraubungsgehäuse (V-Pumpengehäuse) ausgerüstet, in dem Kugelabsperrhahn und Rückschlagventil bereits integriert sind. Beim R-Pumpengehäuse müssen diese Komponenten nachgerüstet werden. Der Motor ist trennbar mit dem Pumpengehäuse verbunden, so dass eine eventuelle Wartung durch den problemlosen Ein- und Ausbau des Motors möglich ist.

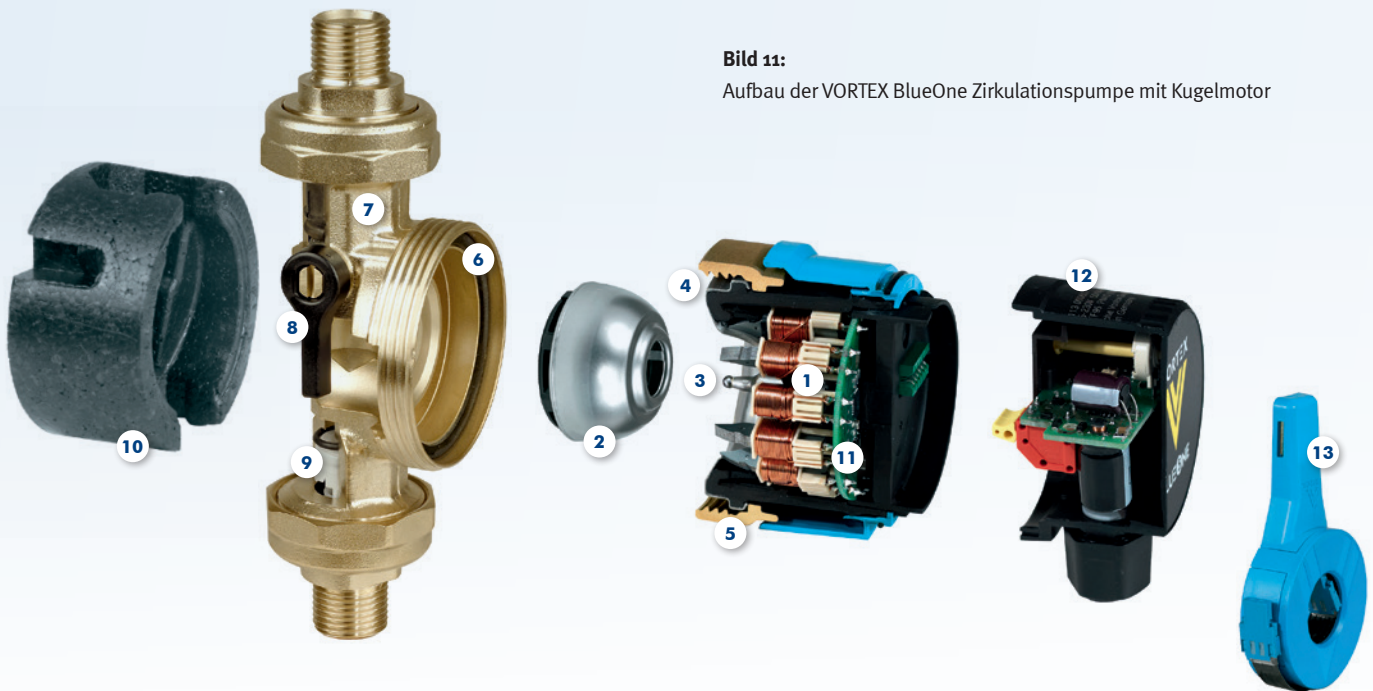
Antrieb	Wellenloser, blockierstromfester Kugelmotor mit ECM-Technologie
Max. Förderhöhe	1,3 mWS
Max. Fördermenge	950 l/h
Elektrischer Anschluss	1~115-230 V / 50-60 Hz bzw. 12 V=
Leistungsaufnahme 115-230 V~ (12 V=)	2,5 - 9 W (2 - 7 W)
Drehzahlbereich	2.000 - 3.000 1/min
Temperaturfestigkeit	95 °C
Druckfestigkeit	10 bar
Schutzart	IP 44
Fördermedium	Trinkwasser, 2 °C bis 95 °C
Wasserhärte	unbegrenzt
Wasserberührte Teile	Messing, Edelstahl, EPDM, Noryl

Bild 10: Aufsetzen des Rotors auf die Lagerkugel



Bild 11:

Aufbau der VORTEX BlueOne Zirkulationspumpe mit Kugelmotor



1 Stator

Der Stator ist als 12-poliger, elektronisch kommutierter Synchronläufer (EC-Motor) ausgelegt. Dieser hocheffiziente Permanentmagnetantrieb erzeugt ein drehendes Magnetfeld, das direkt auf den 14-poligen Permanentmagneten im Inneren des Rotors (2) wirkt. Dadurch wird dieser in Rotation versetzt. Die axialen Komponenten des schon im Ruhezustand hochwirksamen Magnetfeldes wirken als Zugkraft auf den Rotor, der dadurch in seiner Längsachse stabilisiert wird.

2 Rotor

Der Rotor ist mit seiner Lagerpfanne aus hochwertigem Lagermaterial auf der Lagerkugel (3) taumelnd (kardanisch) gelagert. Dieses Lagerprinzip hat entscheidende Vorteile:

- ▼ Es gibt nur eine Lagerstelle (Pumpen konventioneller Bauart benötigen zur Lagerung der Antriebswelle zwei Zylinderlager).
- ▼ Die Lagerpaarung arbeitet spielfrei. Die vom Stator erzeugte, auf den Rotor wirkende axiale Magnetkraft bewirkt, dass die Lagerpfanne des Rotors auch bei Lagerabnutzung immer spielfrei auf der Lagerkugel läuft. Das verhindert das Eindringen von Fremdpartikeln und garantiert eine lange Lebensdauer der Pumpe.
- ▼ Die Lagerreibung ist sehr gering. Die spezielle Formgebung der Lagerkomponenten und der kleine Durchmesser des Lagers sind wesentliche Gründe für die geringe Leistungsaufnahme des Kugelmotors. Das bei Motoren mit Zylinderlager notwendige Losbrechen des Lagers nach längeren Stillstandszeiten ist beim Kugelmotor nicht erforderlich.

3 Lagerstift mit Lagerkugel

Der Lagerstift ist aus Edelstahl und mit der Trennkalotte (4) homogen verschweißt. Die Lagerkugel besteht aus verschleißfestem und korrosionsbeständigem Material und ist fest mit dem Lagerstift verbunden.

4 Trennkalotte

Die Trennkalotte aus Edelstahl dichtet ohne zusätzliche Dichtung den wasserführenden Teil vom elektrisch aktiven Teil des Motors hermetisch ab.

5 Überwurfmutter

Die Überwurfmutter garantiert eine sichere Verbindung des Motors mit dem Pumpengehäuse. Der Dichtring (6) wird durch diese Verschraubungsart über die gesamte Dichtfläche gleichmäßig angedrückt. Bei eventuellen Wartungsarbeiten ist der Aus- und Einbau des Motors ohne Probleme möglich.

6 Dichtring

Die Bauart der VORTEX Zirkulationspumpe erfordert nur einen Dichtring zwischen Kugelmotor und Pumpengehäuse. Das Material des Dichtringes ist hydrolyse- und alterungsbeständig. Die Dichtheit der Zirkulationspumpe ist somit über die gesamte Lebensdauer gewährleistet.

7 V-Pumpengehäuse

Die Innenform des Pumpengehäuses ist so konzipiert, dass ein hoher hydraulischer Wirkungsgrad bei der Druckumsetzung der vom Pumpenlaufrad abgegebenen Energie erreicht wird.

Es ist serienmäßig mit Rückschlagventil und Kugelabsperrrhahn ausgerüstet. Überwurfverschraubungen (Fittings) ermöglichen den direkten Anschluss an alle Rohrdimensionen. Die Fittings, wahlweise für 1/2", 3/4", Ø 15 mm oder Ø 22 mm zum Schrauben, Löten oder Pressen, gehören zum Lieferumfang.

8 Kugelabsperrhahn

Der Kugelabsperrhahn ist im V-Pumpengehäuse schon eingebaut. Er ermöglicht bei Wartungsarbeiten eine saugseitige Absperrung vom Rohrnetz.

9 Rückschlagventil

Das Rückschlagventil ist ebenfalls schon im V-Pumpengehäuse eingebaut. Es ist federbelastet und wirkt somit auch als „Schwerkraftbremse“ (Schwerkraftumlauf wird verhindert). Bei eventuellen Wartungsarbeiten verschließt es automatisch die Druckseite (zum TWE hin).

R-Pumpengehäuse

Die VORTEX Zirkulationspumpe (o.Abb.) kann auch mit einem Pumpengehäuse mit R 1/2" Innengewinde ausgestattet werden. Kugelabsperrhahn und Rückschlagventil sind hier nicht integriert, sondern müssen separat montiert werden.

10 Isolierschale

Die Isolierschale verhindert eine stärkere Abkühlung des Pumpengehäuses und damit unnötige Wärmeverluste.

11 Temperatursensor

Der Temperatursensor (im Bild nicht erkennbar) wird zur thermischen Regelung des Zirkulationsstromes verwendet. Er befindet sich als Schaltelement auf der Platine der Motorsteuerung.

12 Anschlusskappe oder Regelkomponente

Anstelle der Anschlusskappe ohne Regelung kann hier ein Zeitschaltmodul, ein Thermostatmodul oder ein Selbstlernmodul montiert sein. Diese Regelkomponenten dienen zur Minimierung der Pumpenlaufzeiten (siehe Kap. 3).

13 Kabelbox

Die Kabelbox wird zusammen mit dem Selbstlernmodul verwendet. Sie enthält ein 2,5 m langes Flachkabel und den Temperaturanlegesensor für das Vorlaufrohr.

2.2 GARANTIE

Sorgfältigste Fertigung mittels modernster Fertigungsmethoden, strenge Qualitätskontrollen sowie Verwendung hochwertiger Materialien ermöglichen es uns, auf VORTEX Zirkulationspumpen eine Garantie von 5 Jahren ab Herstellungsdatum zu gewähren.

Das Qualitätsmanagement der **Deutschen Vortex GmbH & Co. KG** ist nach DIN EN ISO 9001:2015 zertifiziert.

2.3 WARTUNG

Trinkwasser-Zirkulationspumpen sind nicht so sehr einer thermischen, sondern vielmehr einer korrosiven Beanspruchung ausgesetzt. Diese korrosive Beanspruchung wird durch Kalkablagerungen aus dem Warmwasser vergrößert. Durch diese Kalkablagerungen können Funktionsstörungen an beweglichen Teilen auftreten. Die Intensität der Kalkablagerungen nimmt mit der Temperatur des Warmwassers zu. Aus diesem Grund sollte die Warmwassertemperatur 60 °C nicht überschreiten. Die Kalkablagerung beginnt jedoch schon bei Temperaturen unterhalb von 40 °C. Bei größeren Wasserhärten empfiehlt es sich deshalb, die Zirkulationspumpe in angemessenen Zeitabständen zu entkalken bzw. zu reinigen (**Bild 12**).



Bild 12: Reinigung von Rotor und Trennkabotte

Die VORTEX Zirkulationspumpen mit Kugelmotor zeichnen sich durch eine hohe Wartungsfreundlichkeit aus. Durch den wellenlosen Kugelmotor ist anders als bei Pumpen mit umlaufender Motorwelle und Gleitlagerung eine Wartung erst möglich. Aus diesem Grund gibt es bei den VORTEX Zirkulationspumpen auch keine Limitierung hinsichtlich des Wasserhärtegrades.

Die Befestigung des Motors mittels Überwurfmutter am Pumpengehäuse erlaubt einen schnellen und problemlosen Aus- und Einbau des Motors:

- ▼ Pumpe stromlos machen
- ▼ Kugelabsperrhahn schließen
- ▼ Überwurfmutter lösen und Motor abnehmen
- ▼ Zirkulationspumpe reinigen

Das Pumpengehäuse bleibt in der Rohrleitung. Die detaillierte Vorgehensweise für Wartungsarbeiten ist der Installations- und Betriebsanleitung zu entnehmen.

3 REGELKOMPONENTEN VON ZIRKULATIONSPUMPEN

Laut EnEV [3] muss die Zirkulationspumpe mit einer Regelkomponente ausgestattet sein, die einen Dauerbetrieb verhindert (siehe Kap. 1.5.2). Empfohlen wird eine Betriebsdauer von nicht mehr als 16 Stunden am Tag (siehe Kap. 1.5.3). Ziel der Regelung soll sein, Energie einzusparen und die Pumpenlaufzeiten zu minimieren. Zusätzlich werden die Kalkablagerungen beschränkt.

3.1 ZEITSCHALTUHR

Eine gängige Regelkomponente der Zirkulationspumpe ist die Zeitschaltuhr. Die zeitliche Bereitstellung von Warmwasser ist direkt abhängig von der Nutzungsart des Gebäudes und wird individuell an der Zeitschaltuhr eingestellt.

3.2 THERMOSTAT

Mit einem Thermostat wird die Zirkulation thermisch geregelt. Strömt Warmwasser durch die Zirkulationspumpe, schaltet der Thermostat die Pumpe beim Erreichen der gewählten Grenztemperatur aus. Kühlt sich das Wasser um ein gewisses Maß ab, schaltet der Thermostat die Pumpe wieder ein.

Der Thermostat kann als eigenständige Regelkomponente eingesetzt werden oder mit einer externen Zeitschaltung (externe Steuerung oder Zeitschaltuhr) kombiniert werden. Bei der Kombination mit einer Zeitschaltung führt der Thermostat die thermische Regelung zusätzlich zur zeitlichen Regelung aus.

3.3 SELBSTLERNMODUL – AUTOLEARN

Während die Einstellungen der Zeitschaltuhr auf Schätzungen und Annahmen des Verbraucherverhaltens beruhen, werden mit einem Selbstlernmodul mit **AUTOlearn**-Technologie die Gewohnheiten der Verbraucher automatisch erkannt. Die Zeitpunkte der Warmwasserentnahme werden in kürzester Zeit selbsttätig erlernt und warmes Wasser wird vorausschauend bereitgestellt.

Die Elektronik erkennt Abweichungen vom normalen Rhythmus, wie Wochenende, Abwesenheiten oder Zeitumstellungen, und passt das Laufverhalten der Pumpe daran an. Bei erkannten Abwesenheiten führt die Pumpe regelmäßige Spülläufe durch, um einen regelmäßigen Wasseraustausch im Zirkulationssystem zu gewährleisten. Ebenso werden thermische Desinfektionsläufe des Trinkwassererwärmers automatisch erkannt und durch zeitparallelen Pumpenlauf zur Desinfektion des Zirkulationssystems genutzt (siehe auch Kap. 6.3).

3.4 ZUSAMMENHANG ZWISCHEN BEREITSTELLUNGSENERGIE UND LAUFZEIT

Die benötigte Bereitstellungsenergie für Warmwasser steht in einem linearen Zusammenhang mit der Laufzeit der Zirkulationspumpe. Die in den Beispielen erreichten Einsparungen sind abhängig z. B. von Hausinstallation, eingestellter Abschalttemperatur oder gewählter Komfortstufe.



Bild 13: Wird die Zirkulationspumpe im Dauerlauf betrieben, so betragen die Kosten für die Bereitstellungsenergie 100 %.

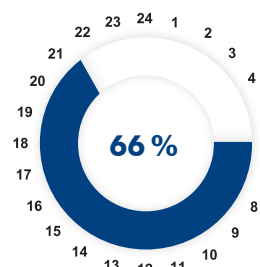


Bild 14: Wird die Zirkulationspumpe durch eine Zeitschaltuhr nachts acht Stunden abgeschaltet, bedeutet das eine Verringerung der Laufzeit um ein Drittel. Die Kosten für die Bereitstellungsenergie verringern sich um das gleiche Maß auf 66 %.

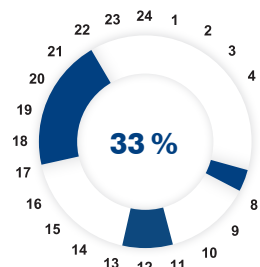


Bild 15: Schaltet die Zeitschaltuhr die Zirkulationspumpe auch tagsüber stundenweise ab, so dass die Laufzeit der Pumpe auf acht Stunden begrenzt wird, so verringern sich die Kosten für die Bereitstellungsenergie um zwei Drittel auf 33 %.

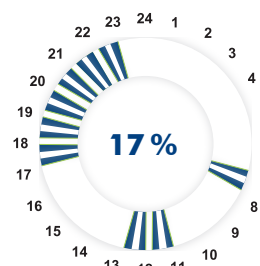


Bild 16: Wird die Zirkulationspumpe während der achtstündigen Laufzeit zusätzlich durch einen Thermostaten abgeschaltet, können sich die Kosten für Bereitstellungsenergie auf etwa 17 % verringern.

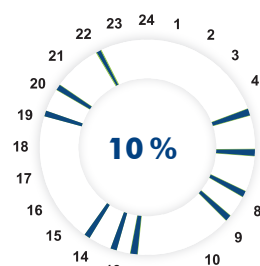


Bild 17: Die Kosten für die Bereitstellungsenergie verringern sich auf etwa 10 %, wenn eine Zirkulationspumpe mit Selbstlernmodul eingesetzt wird. Da sich das Selbstlernmodul ständig optimiert, werden minimale Pumpenlaufzeiten erreicht.

■ Pumpe läuft
□ Pumpe läuft nicht

3.5 AMORTISATIONSZEIT

Gegenüber dem Dauerbetrieb einer Zirkulationspumpe können bei Verwendung einer Regelkomponente zum Teil erheblich geringere Pumpenlaufzeiten realisiert werden. Dadurch ergeben sich Energieeinsparungen durch den niedrigeren Stromverbrauch, vor allem aber durch die reduzierten Wärmeverluste, die durch den Pumpenbetrieb verursacht werden. **Bild 18** zeigt einige Beispiele, die auf typischen Verhaltensmustern in einem Einfamilienhaus mit modernem Installationsstandard beruhen (Berücksichtigung von Urlaub, Wochenenden usw.).

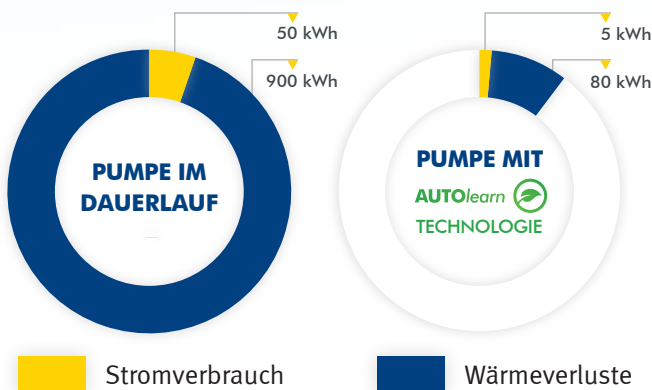


Bild 18: Jährliche Energieverluste von Dauerläufern im Vergleich zur BWO 155 SL mit Selbstlernmodul

Optimale Einsparungen bei höchstem Komfort werden mit der VORTEX BlueOne Hocheffizienz-Zirkulationspumpe BWO 155 SL mit Selbstlernmodul erzielt, die sich automatisch dem Verbraucherverhalten anpasst. Die dazu erforderliche Mehrinvestition amortisiert sich je nach zuvor eingesetzter Regelungsvariante in etwa 1½ bis 2 Jahren (**Bild 19**). Im Beispiel wurden Stromkosten von 27,5 Cent/kWh und Wärmekosten von 6,75 Cent/kWh (Gasheizung) angenommen.

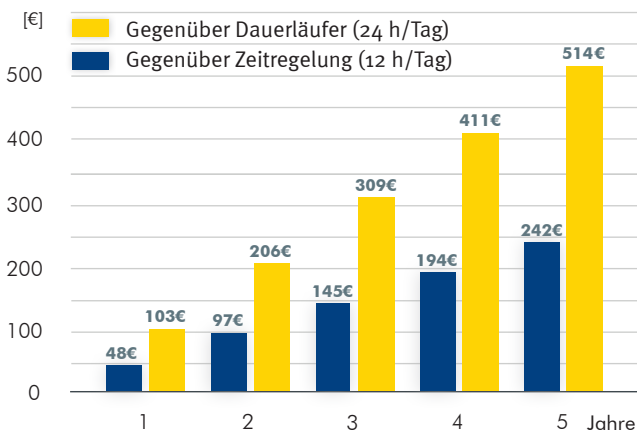


Bild 19: Kosteneinsparungen bei Einbau der BWO 155 SL mit Selbstlernmodul

3.6 ZIRKULATIONSREGLER

Der Zirkulationsregler ist ein Ventil, das sich durch Änderung der Temperatur in der Zirkulationsanlage öffnet oder schließt. Die Regelung übernimmt ein Thermostatelement. Die Schließtemperatur des Thermostatelementes kann eingestellt werden. Durch den Einbau von Zirkulationsreglern wird Bereitstellungsenergie eingespart und die Temperaturschichtung im Trinkwassererwärmer bleibt erhalten. Bei verzweigten Kreisläufen mit unterschiedlichen Zirkulationswiderständen ermöglicht der Einbau von Zirkulationsreglern in jedem Kreislauf eine spezifische Regelung, ohne dass mehrere oder größere Zirkulationspumpen eingesetzt werden müssen. Zirkulationsregler baut man in die einzelnen Zirkulationsstränge (**Bild 20**) oder direkt vor der Zirkulationspumpe in einen Verteiler ein.

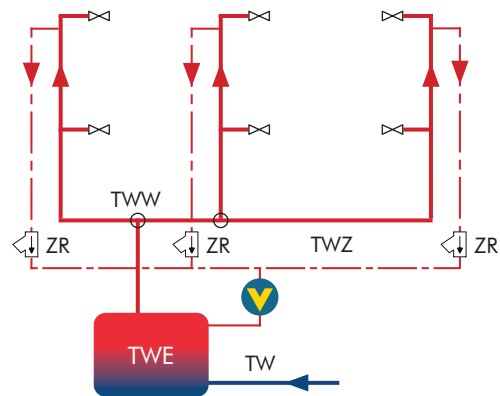


Bild 20: Zirkulationsregler im Einzelstrang

3.7 FERNSTEUERUNG VON ZIRKULATIONSPUMPEN

Technische Geräte und Anlagen lassen sich mit moderner Kommunikations- und Signalübertragungstechnik auch ferngesteuert und kabellos, d. h. unter Zuhilfenahme von Funktechnik, bedienen. Im Haustechnikbereich spricht man hier von „SMART HOME“. Je nach Anwendung und Anbieter können dabei verschiedene Funkstandards zum Einsatz kommen. Um die gewünschten Befehle auszuführen, werden in der Regel Bedienprogramme, sog. Apps, auf mobilen Kommunikationsgeräten wie Smartphone oder Tablet verwendet.

Auch Zirkulationspumpen können über ein solches SMART-HOME-System angesteuert werden. Das Angebot an Systemtechniken ist jedoch sehr vielfältig und ist einem permanenten Wandel unterworfen. VORTEX bietet derzeit ihre modernste Pumpensteuerung *AUTOlearn* in Form der Pumpenvariante BWO 155 SL CONNECT an, bei der über ein eigenes WLAN-Modul in der Pumpe und über eine Smartphone-App zusätzliche Einstellungen an der Pumpe vom Wohnbereich aus vorgenommen werden können.

4 EINBAU DER ZIRKULATIONSPUMPE

4.1

ALLGEMEINES ÜBER DEN EINBAU

VORTEX Zirkulationspumpen werden grundsätzlich in die Zirkulationsleitung (Rücklauf) eingebaut (**Bild 21 und 22**).

DER EINBAU IN DIE VERSORGUNGSLEITUNG (VORLAUF), WIE ES BEI HEIZUNGSMWÄLZPUMPEN ÜBLICH IST, HAT GRAVIERENDE NACHTEILE:

- ▼ Bei einer Zirkulationspumpe mit thermischer Regelung schaltet der Thermostat die Pumpe aus, bevor das Warmwasser die Entnahmestelle erreicht.
- ▼ In der Versorgungsleitung ist die Warmwassertemperatur höher als in der Zirkulationsleitung, was größere Kalkablagerungen zur Folge hat.
- ▼ Wird bei abgeschaltetem Motor Warmwasser entnommen, wird der Rotor zwangsdurchströmt (Turbinenprinzip). Die Rotorlagerung kann beschädigt werden, da die magnetischen Stabilisierungskräfte geringer sind als während des Pumpenbetriebs.

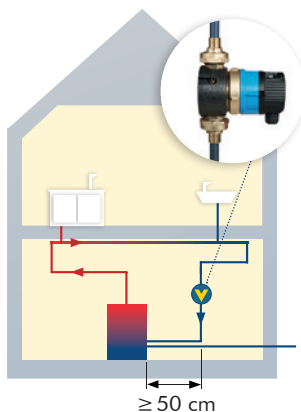


Bild 21: Einbau einer VORTEX Zirkulationspumpe mit V-Pumpengehäuse (Rückschlagventil und Absperrhahn sind integriert)

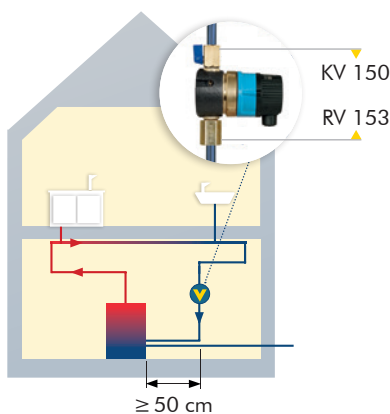


Bild 22: Einbau einer VORTEX Zirkulationspumpe mit R-Pumpengehäuse, separatem Rückschlagventil (RV 153) und Absperrhahn (KV 150)

Die VORTEX Zirkulationspumpe ist in den zulässigen Einbaulagen (**Bild 23**) einzubauen.

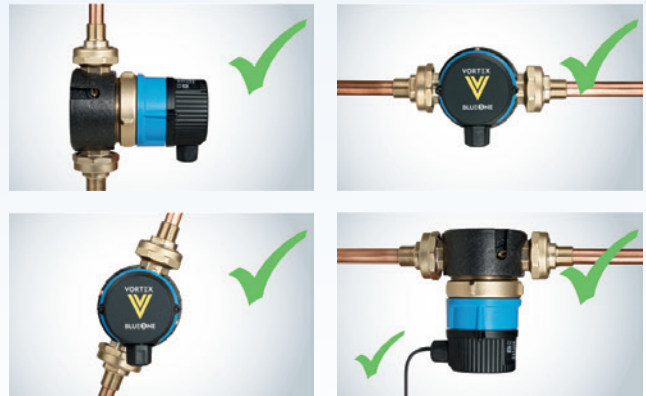


Bild 23: Einbaulagen der VORTEX Zirkulationspumpe

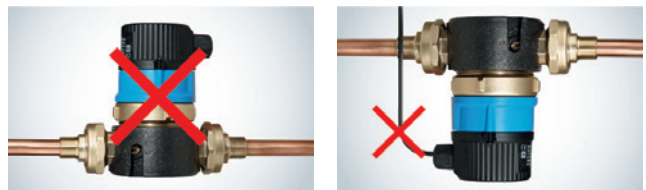


Bild 24: unzulässige Einbaulagen der VORTEX Zirkulationspumpe

Bei thermisch gesteuerten Zirkulationspumpen ist darauf zu achten, dass die Installation der Pumpe nicht zu nahe am Trinkwassererwärmer erfolgt. Die Übertragungswärme des Trinkwassererwärmers über die Rohre kann die Thermostatfunktion bzw. Temperaturerkennung beeinträchtigen.

4.2

ENTLÜFTUNG DER ZIRKULATIONSANLAGE

Bevor die VORTEX Zirkulationspumpe eingebaut bzw. in Betrieb genommen wird, muss die Zirkulationsanlage entlüftet und gespült werden. Wird das nicht getan, kann es zu Lagerschäden durch Trockenlauf oder zu Rotorbeschädigungen durch Montagerückstände bzw. Verschmutzungen kommen. Die Folge ist eine deutliche Herabsetzung der Lebensdauer der Zirkulationspumpe.

Um den Trockenlauf der Zirkulationspumpe zu verhindern, reicht es nicht, die Zirkulationsleitung über die Zapfarmaturen zu „entlüften“ oder die Verschraubungen an der Zirkulationspumpe zu lösen. Beim Öffnen einer Zapfarmatur kommt keine Strömung in der Zirkulationsleitung zu Stande, weil das eingebaute Rückschlagventil dies verhindert.

In der Versorgungsleitung werden die Luftblasen zwar herausgespült, aber in der Zirkulationsleitung bleiben die Luftblasen im Horizontalstrang an der Stelle, wo sie gerade sind, oder steigen im Vertikalstrang bis zum nächsten Rohrbogen nach oben.

Da zur Anlagenentlüftung hohe Strömungsgeschwindigkeiten notwendig sind, um vorhandene Luftblasen im System mitzureißen, reicht es auch nicht, die Verschraubungen an der Zirkulationspumpe zu öffnen. Die Zirkulationspumpe ist, sofern richtig dimensioniert, zu schwach, um die gesamte Zirkulationsanlage zu entlüften, da die erzeugte Strömungsgeschwindigkeit viel zu gering ist. Luftblasen wandern aus diesem Grund erst nach langer Zeit zur Zirkulationspumpe, setzen sich dort fest und führen zum Trockenlauf.

Zum Entlüften der VORTEX Zirkulationspumpen mit Kugelmotor ist der VORTEX Entlüftungsflansch ideal geeignet.



Bild 25: Entlüften mit dem VORTEX Entlüftungsflansch EF 150

Der Entlüftungsflansch wird einfach statt des Motors auf das Pumpengehäuse aufgeschraubt. Nachdem ein Ablaufschlauch auf den Schlauchstutzen aufgesteckt wurde, kann durch Öffnen des Kugelhahnes die Zirkulationsanlage entlüftet werden (**Bild 25**). Der Abgangs- querschnitt von 1/2" erzeugt eine hohe Strömungsgeschwindigkeit in der Zirkulationsleitung, die vorhandene Luft mitreißt.

Die restliche Luft, die sich nach Aufschrauben des Motors noch im Pumpengehäuse befindet, wird nach Einschalten der Zirkulationspumpe relativ schnell abgeführt.

Indem man die anderen Einzelstränge absperrt, ist bei verzweigten Zirkulationssystemen eine gezielte Entlüftung der Einzelstränge möglich. Dazu muss jeder Einzelstrang mit einem Absperrorgan versehen sein. Beim Einsatz von thermostatischen Strangregulierventilen, die je nach Fabrikat das Absperrorgan ersetzen können, ist zu beachten, dass das System im kalten Zustand entlüftet wird.

4.3 MOTORTAUSCH STATT PUMPENTAUSCH

Bei einem notwendigen Pumpentausch, etwa aufgrund des erreichten Endes der Pumpenlebensdauer, lässt sich der Montageaufwand reduzieren, indem nicht die komplette Pumpe mit Pumpengehäuse, sondern lediglich der Pumpenmotor ausgewechselt wird. Voraussetzung hierfür ist, dass das vorhandene Pumpengehäuse noch intakt ist (keine übermäßigen Kalkablagerungen, keine Korrosion, funktionsfähiges Rückschlagventil im/am Pumpengehäuse).

Der VORTEX Rotor ist so aufgebaut, dass die BlueOne Pumpenmotoren auf alle marktgängigen Messing-Pumpengehäuse, unabhängig vom Baujahr, montiert werden können (**Bild 26**). Dabei gibt es keinerlei Einschränkungen hinsichtlich Pumpenleistung und Laufverhalten.



Bild 26: Kompatibilität der VORTEX BlueOne Pumpenmotoren mit allen Messing-Pumpengehäusen (Markenauswahl beispielhaft)

Zum Lösen und Wiederbefestigen des Pumpenmotors eignet sich besonders ein Bandschlüssel (**Bild 27**). Das flexible Band liegt fast vollständig an der Messing-Überwurfmutter an, dadurch werden hohe Momente aufgebracht und die Überwurfmutter wird nicht beschädigt.



Bild 27: Bandschlüssel zum Lösen und Befestigen des Pumpenmotors

4.4 RÜCKSCHLAGVENTIL

In jede Zirkulationsanlage muss ein Rückschlagventil – auch Rückflussverhinderer genannt – eingebaut werden. Warmwasser-Zirkulationsanlagen ohne Rückschlagventil sind nicht funktionstüchtig! Das Warmwasser darf nur über die Versorgungsleitung zu den Entnahmestellen kommen. Diese wichtige Aufgabe übernimmt das Rückschlagventil.

Fehlt ein Rückschlagventil, so kann bei der Entnahme das Warmwasser über die Zirkulationsleitung und durch die Zirkulationspumpe zu den Entnahmestellen fließen.

EIN FEHLENDES RÜCKSCHLAGVENTIL KANN ZU FOLGENDEN STÖRUNGEN FÜHREN:

- ▼ Eine thermisch gesteuerte Zirkulationspumpe schaltet ab.
- ▼ Beim Anschluss der Zirkulationsleitung an die Kaltwasserzuleitung (bei fehlendem Zirkulationsanschluss am Trinkwassererwärmer) fließt kaltes Wasser durch die Zirkulationspumpe. Dadurch kommt es zur Kondensatbildung im Motorraum. Der elektrisch aktive Teil des Motors wird zerstört.
- ▼ Durch die einsetzende Schwerkraftzirkulation werden die getroffenen Maßnahmen zu einer energieökonomischen Regelung des Zirkulationssystems (z. B. mittels Zeitschaltuhr) unwirksam.
- ▼ Wird bei abgeschaltetem Motor Warmwasser entnommen, wird der Rotor entgegengesetzt zur Fließrichtung zwangsdurchströmt. Die Rotorlagerung wird beschädigt, da die magnetischen Stabilisierungskräfte des Rotors vermindert sind.

Ein Rückschlagventil ist in den VORTEX Zirkulationspumpen mit V-Pumpengehäuse bereits eingebaut (siehe Kap. 4.1). Bei den VORTEX Zirkulationspumpen mit R-Pumpengehäuse muss am Ausgang der Pumpe zusätzlich das Rückschlagventil VORTEX RV 153 (**Bild 28**) installiert werden. Nur dieses Rückschlagventil ist auf die Leistung der VORTEX Zirkulationspumpe abgestimmt.



Bild 28: VORTEX Rückschlagventil RV 153

4.5 FEHLERVERMEIDUNG BEIM EINBAU

4.5.1 ALLGEMEINES ÜBER STÖRUNGEN

VORTEX Zirkulationspumpen arbeiten sicher und zuverlässig. Trotz sorgfältiger Fertigung und strenger Qualitätskontrollen kann in seltenen Fällen ein Defekt auftreten. Das lässt sich bei einem technischen Serienprodukt nicht vermeiden. Die meisten Reklamationen sind jedoch nicht auf einen Fertigungsfehler zurückzuführen. Bei der Installation der Zirkulationspumpen müssen einige wichtige Einbauregeln beachtet werden. Geschieht dies nicht, kann es zu einer Beeinträchtigung der Funktion des Zirkulationssystems und/oder zu einem vorzeitigen Ausfall der Zirkulationspumpe kommen.

4.5.2 INSTALLATIONSFEHLER

Bekannte Installationsfehler und deren mögliche Folgen:

- ▼ **Äußere Temperatureinwirkungen**
Wird die Zirkulationspumpe in unmittelbarer Nähe des Trinkwassererwärmers oder anderer Wärmequellen installiert, beeinträchtigt die Übertragungswärme die Thermostatfunktion.
- ▼ **Falsche Einbaulage**
Durch den Einbau der Zirkulationspumpe mit nach oben weisender Motorachse (siehe Kap. 4.1) können sich Luftblasen im Rotorraum sammeln und Trockenlauf verursachen. Zusätzlich wird der Rotor nicht ausreichend auf dem Lagerstift stabilisiert, wenn die Pumpe abgeschaltet ist.
- ▼ **Falscher Einbauort**
Die Zirkulationspumpe wurde in die Versorgungsleitung eingebaut (siehe Kap. 4.1).
- ▼ **Falsch montierter Temperatursensor**
Die Kabelbox mit integriertem Sensor (Modell BWO 155 SL mit Selbstlernmodul) wurde nicht an der Versorgungsleitung, nicht auf glattem Rohrmaterial oder in falschem Abstand zum Speicheranstrich montiert (**Bild 29**). Dadurch kann der Sensor die zu lernenden Zapfzeitpunkte (Temperaturveränderung!) nicht erfassen.
- ▼ **Mangelhafte Entlüftung**
Luftblasen, die sich im Zirkulationssystem befinden, werden durch den Wasserstrom mitgerissen. Sie können sich in der Zirkulationspumpe festsetzen und dort Trockenlauf verursachen (siehe Kap. 4.2).

▼ Fehlerhafte Strangregulierung

Durch unterschiedliche Rohrleitungswiderstände in einem verzweigten Zirkulationssystem werden die längeren, widerstandsreichen Kreisläufe nicht versorgt und bleiben kalt. Das Warmwasser fließt über den Kreislauf mit dem geringsten Rohrleitungswiderstand zur Zirkulationspumpe. Eine Zirkulationspumpe mit Thermostat oder mit Selbstlernmodul schaltet zu früh ab. Es entsteht der Eindruck, als ob die Pumpe ihre Funktion nicht erfüllt. Damit jeder Kreislauf gleichmäßig versorgt wird, müssen die einzelnen Kreisläufe mit entsprechenden Strangregulierventilen (Zirkulationsregler) hydraulisch abgeglichen werden (siehe Kap. 3.6).

▼ Fehlendes Rückschlagventil

Die Folgen eines fehlenden Rückschlagventils sind in Kap. 4.4 beschrieben.

▼ Elektrischer Anschluss an die Kesselsteuerung

Während der „Nachtabenkung“ oder anderer Laufzeitunterbrechungen wird die Zeitschaltuhr stromlos und verliert die aktuelle Uhrzeit. Die Zeitschaltuhr geht nach oder geht in den Einstellmodus. Das Selbstlernmodul verliert die gelernten Zapfzeitpunkte, wenn es stromlos geschaltet wird.

▼ Elektrischer Anschluss an das Kellerlicht

Beim Direktanschluss an das Stromnetz in der Verteilerdose erfolgte der Anschluss an das Kabel, das über den Schalter zum Kellerlicht führt. Die Zeitschaltuhr bzw. die Zirkulationspumpe läuft nur, wenn das Kellerlicht brennt.

4.5.3

STEUERUNG ÜBER DEN HEIZKESSEL

Grundsätzlich ergeben sich bei einer Steuerung der Zirkulationspumpe über ein eigenes Regelmodul oder zentral über den Heizkessel keine bedeutenden Unterschiede. Bei der zentralen Steuerung wird die Zirkulationspumpe über die Regelung des Heizkessels angesteuert. Die meisten Kesselhersteller haben für die Aktivierung der Zirkulationspumpe einen separaten Zeitkanal vorgesehen, der über eine interne Zeitschaltuhr gesteuert wird. Eine Zeitschaltuhr an der Zirkulationspumpe ist aus diesem Grund hier nicht mehr notwendig. Empfohlen wird in diesem Fall der Einsatz einer VORTEX Zirkulationspumpe mit Thermostat.

Bei Einsatz des Selbstlernmoduls ist eine Steuerung über den Heizkessel nicht sinnvoll, das Selbstlernmodul muss permanent mit Strom versorgt werden (siehe „Fehler beim elektrischen Anschluss“).

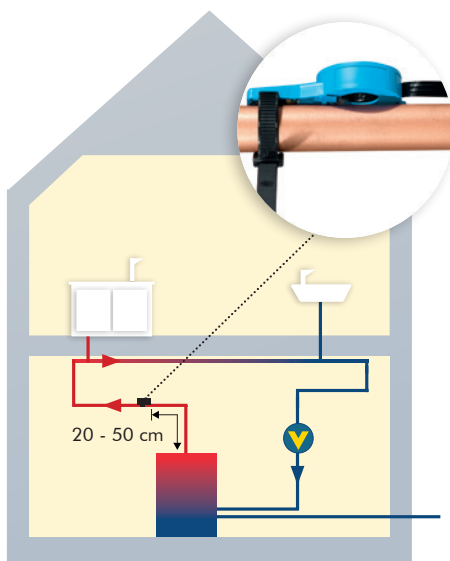


Bild 29: Korrekte Montage der Kabelbox mit integriertem Sensor (Modell BWO 155 SL)

5 DIMENSIONIERUNG DES ZIRKULATIONSSYSTEMS

5.1 PUMPENKENNLINIE

Das hydraulische Verhalten der Zirkulationspumpe wird durch ihre Kennlinie beschrieben. Sie gibt die Beziehung zwischen Förderhöhe und Fördermenge an. Dabei gilt folgende Beziehung:

- ▶ Bei zunehmender Fördermenge nimmt die Förderhöhe ab.
- ▶ Bei zunehmender Förderhöhe nimmt die Fördermenge ab.

Unter der Fördermenge versteht man den von der Pumpe geförderten Volumenstrom. Die Förderhöhe ist die in die Höhe einer Flüssigkeitssäule umgerechnete, von der Zirkulationspumpe aufgebrauchte Druckdifferenz.

Die Pumpenkennlinie wird in einem Diagramm dargestellt. Auf der waagerechten Achse wird die Fördermenge \dot{V}_p und auf der senkrechten Achse die Förderhöhe H aufgetragen (Bild 30). Die Pumpenkennlinie zeigt, dass die Fördermenge und die Förderhöhe voneinander abhängig sind:

- ▶ Bei der maximalen Förderhöhe $H = 1,25$ m ist die Fördermenge $\dot{V}_p = 0$.
- ▶ Bei der Förderhöhe $H = 0,75$ m ist die Fördermenge $\dot{V}_p = 0,37$ m³/h.
- ▶ Bei der maximalen Fördermenge $\dot{V}_{pmax} = 0,64$ m³/h ist die Förderhöhe $H = 0$.

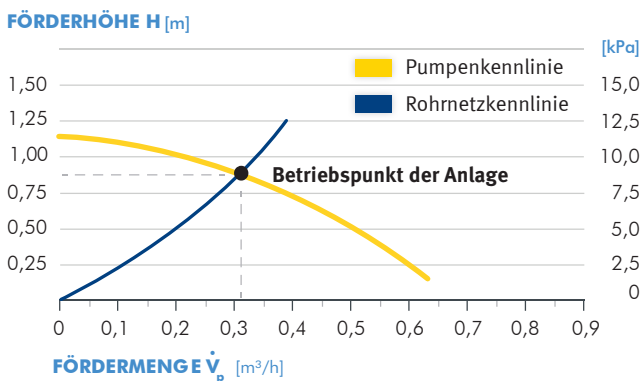


Bild 30: Rohrnetz- und Pumpenkennlinie

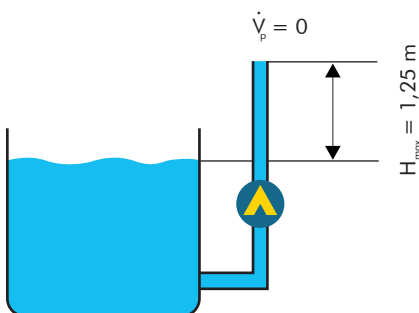


Bild 31

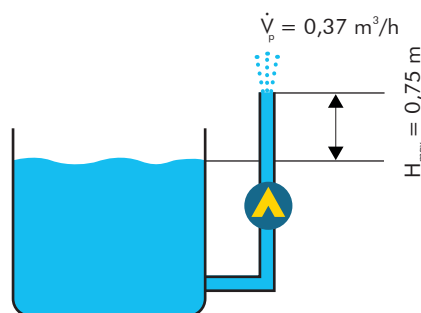


Bild 32

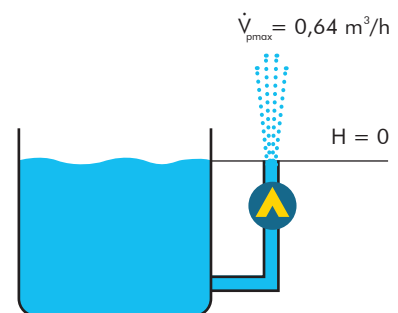


Bild 33

5.2 ROHRNETZKENNLINIE

Die Rohrnetzkenlinie ist anlagenspezifisch. Die Rohrnetzkenlinie gibt die Beziehung zwischen dem Druckverlust durch Rohrreibung und durch Einzelwiderstände und dem Förderstrom in der Zirkulationsanlage an. Die Zirkulationspumpe muss dabei nicht wie im „offenen System“ (Bild 31, 32 und 33) eine Höhendifferenz überwinden. Das heißt, die im Pumpendiagramm angegebene Förderhöhe hat nichts mit der Höhe des Gebäudes zu tun, in dem die Pumpe eingebaut werden soll.

Eine Zirkulationspumpe mit einer Förderhöhe von 1,25 m kann also durchaus erfolgreich in einem 20 m hohen Gebäude arbeiten.

DAS „OFFENE SYSTEM“

In einem „offenen System“ wird der Zusammenhang zwischen Fördermenge und Förderhöhe unmittelbar sichtbar. Die Bilder 31, 32 und 33 beziehen sich auf die Pumpenkennlinie in Bild 30.

Bei diesem theoretischen Beispiel wurden die Rohrleitungswiderstände vernachlässigt:

- ▶ Entspricht die Rohrlänge der maximalen Förderhöhe der Pumpe $H_{max} = 1,25$ m, gemessen vom Mediumspiegel, tritt kein Medium am Rohrende aus. Somit ist die Fördermenge $\dot{V}_p = 0$ (Bild 31).
- ▶ Kürzt man das Rohr um 0,50 m, so muss die Zirkulationspumpe die Förderhöhe $H = 0,75$ m überwinden. Die am Rohrende austretende Menge entspricht der Fördermenge $\dot{V}_p = 0,37$ m³/h (Bild 32).
- ▶ Kürzt man das Rohr um 1,25 m, so ist das Rohrende auf gleicher Höhe des Mediumspiegels. Somit ist die Förderhöhe $H = 0$. Die austretende Menge entspricht der Fördermenge $\dot{V}_{pmax} = 0,64$ m³/h (Bild 33).

5.3 BETRIEBSPUNKT

In der Zirkulationsanlage hängen Druckverlust und Volumenstrom direkt voneinander ab. Zwischen dem Druckverlust der Anlage, den man in einen Druckhöhenverlust umzurechnen hat, und der Förderhöhe der Pumpe stellt sich immer ein Gleichgewicht ein. Dabei gilt, dass der Druckhöhenverlust der Anlage der Förderhöhe der Pumpe im Betriebspunkt der Anlage entspricht. Da zu jeder Förderhöhe der Pumpe ein einziger, ganz bestimmter Förderstrom gehört, ist mit dem Druckverlust der Anlage der umgewälzte Volumenstrom eindeutig bestimmt. Den Druckverlust bestimmt man, indem man die Rohrnetzkenlinie und die Pumpenkenlinie in ein gemeinsames Diagramm projiziert (**Bild 30**). Der Schnittpunkt beider Kurven ist der sich dann einstellende Betriebspunkt der Zirkulationsanlage.

Den Betriebspunkt kann man rechnerisch über die Berechnung der Druckverluste aus den Einzelwiderständen des Rohrnetzes bestimmen.

5.4 HYDRAULISCHER ABGLEICH VON ZIRKULATIONSLEITUNGEN

In jedem Zirkulationsstrang der Anlage muss die verfügbare Druckdifferenz der Zirkulationspumpe, unter Berücksichtigung von Mindestdurchmessern und Maximalgeschwindigkeiten, so weit wie möglich durch Strangregulierventile abgeglichen werden.

Wird der hydraulische Abgleich nicht vorgenommen, stellen sich nicht die berechneten Volumenströme in der Anlage ein. Der Zirkulationsvolumenstrom muss aber die Wärmemenge transportieren können, die über die Oberfläche des Rohrleitungssystems verloren geht. Nur wenn der Gleichgewichtszustand an jeder Stelle des Zirkulationssystems sichergestellt ist, kann die vorgegebene Warmwassertemperatur eingehalten werden. Um eine sichere Funktion gemäß DVGW-Arbeitsblatt W 551 [8] zu gewährleisten, ist deshalb der hydraulische Abgleich des Zirkulationssystems notwendig.

Nach DVGW-Arbeitsblatt W 553 [9] wird der Einbau von Strangregulierventilen in Zirkulationsanlagen gefordert. Ziel der Einregulierung ist, die Zirkulationsvolumenströme in allen Steigleitungen gleich groß zu halten, um den Temperaturabfall zwischen Austritt am Trinkwassererwärmer und Wiedereintritt über die Zirkulation auf ca. 5 °C zu begrenzen. Dabei hat sich gezeigt, dass in pumpennahen Zirkulationskreisläufen relativ große Druckdifferenzen bei kleinen Zirkulationsvolumenströmen aufgebaut werden müssen, während in den

pumpenfernen Steigleitungen verhältnismäßig große Volumenströme zur Aufrechterhaltung einer Temperatur oberhalb von 55 °C fließen müssen. Für die Einstellung der Strangregulierventile im Zirkulationssystem sollten folgende Daten bekannt sein:

- ▼ Volumenstrom in der Teilstrecke
- ▼ ermittelter überschüssiger Druckverlust über das Strangregulierventil
- ▼ Wassertemperatur im hydraulisch abgeglichenen Zustand

5.4.1 VOREINSTELLUNG DURCH MANUELLE STRANGREGULIERVENTILE

Die Bemessung und Voreinstellung der Strangregulierventile erfolgt in Abhängigkeit von den geforderten Ventildaten, dem Zirkulationsvolumenstrom in der Teilstrecke und dem erforderlichen Druckabfall über dem Ventil. Der erforderliche Voreinstellwert wird dann aus dem Herstellerdiagramm abgelesen und am Strangregulierventil eingestellt.

5.4.2 THERMOSTATISCH GESTEUERTE STRANGREGULIERVENTILE

Thermostatisch gesteuerte Strangregulierventile wurden mit dem Ziel entwickelt, die Temperatur im Warmwassersystem oberhalb einer einstellbaren Temperatur zu halten. Dabei kann das Strangregulierventil nach den vorgenommenen Einstellungen am Thermostatelement und am Regelquerschnitt des Ventils automatisch die erforderlichen Drosselpositionen einnehmen. Bei Erreichen der Sollwerttemperatur darf das Ventil nicht schließen.

Voraussetzung für den Einsatz solcher Ventile, die eine Kombination von herkömmlichen Strangregulierventilen und thermischen Zirkulationsreglern darstellen, sind auch hier eine Rohrnetzberechnung und die Bestimmung des Voreinstellwertes. Von Vorteil ist vor allem der geringere Einregulierungsaufwand an der Baustelle, da kleinere Abweichungen zwischen Berechnung und Bauausführung am thermostatisch gesteuerten Strangregulierventil automatisch abgeglichen werden.

5.5 BERECHNUNGSVERFAHREN FÜR ZIRKULATIONSSYSTEME

Grundlage der Auslegung der Versorgungs- und Zirkulationsleitungen sowie weiterer Anlagenbauteile ist die DIN 1988, Teil 300 [6]. Diese ist im Mai 2012 als nationale Ergänzungsnorm zur DIN EN 806-3 [7] in Kraft getreten, die DIN 1988-3 wurde zurückgezogen.

Gleichwohl basieren die in der DIN 1988-300 aufgeführten Regeln auf den bekannten und bewährten Regeln der DIN 1988-3 und des DVGW-Arbeitsblattes W 553 [9]. Sie wurden allerdings so modifiziert und angepasst, dass damit alle neueren Erkenntnisse berücksichtigt werden. Das Berechnungsverfahren in der DIN 1988-300 kann prinzipiell „von Hand“ durchgeführt werden, ist aber so zeitaufwändig, dass sich in der praktischen Anwendung der Einsatz von Berechnungssoftware dringend empfiehlt (siehe Kap. 5.7). Um dennoch die Grundlagen der Bemessung von Zirkulationssystemen deutlich zu machen, werden im Folgenden die Berechnungsverfahren laut aktuell geltendem DVGW-Arbeitsblatt W 553 aufgezeigt.

5.6 BERECHNUNGSVERFAHREN NACH DVGW- ARBEITSBLATT W 553

Je nach Anlagengröße werden in der Praxis mehrere Verfahren zur Bemessung von Zirkulationssystemen angewendet. Grundlage für alle Bemessungsverfahren ist die Einhaltung der allgemein anerkannten Regeln der Technik. Insbesondere wird hier vorausgesetzt, dass die Warmwasser- und Zirkulationsleitungen mindestens nach den Bedingungen der EnEV [3] ausgelegt sind.

5.6.1 KURZVERFAHREN

Dieses Verfahren wird bei kleineren Anlagen wie z. B. in Ein- und Zweifamilienhäusern angewendet. Hier führt eine detaillierte Berechnung, vor allem aufgrund der Nennweitenabstufungen, immer zu den gleichen Abmessungen für das Zirkulationssystem. Die Länge aller vom Umlauf betroffenen Warmwasserleitungen (ohne Zirkulationsleitung) darf 30 m nicht überschreiten und der längste Fließweg für eine Zirkulationsleitung (TWZ) sollte nicht länger als 20 m sein (**Bild 34**).

Werden diese Bedingungen erfüllt, so sind die Zirkulationsleitungen mit einem Innendurchmesser von mindestens DN 10 und die Zirkulationspumpe in DN 15 auszuliegen. Wird die Zirkulationsleitung in Kupferrohr verlegt, so ist ein Nachweis zu erbringen, dass die maximal zulässige Fließgeschwindigkeit nicht mehr als 0,5 m/s beträgt. Die Überprüfung ist entweder mit dem vereinfachten oder dem differenzierten Berechnungsverfahren möglich.

5.6.2 VEREINFACHTE BERECHNUNG VON ZIRKULATIONSANLAGEN

Die vereinfachte Berechnung von Zirkulationsleitungen ist nur möglich, wenn Abstriche bei der Genauigkeit in Kauf genommen werden. Dafür bietet diese Berechnungsmethode die Möglichkeit, eine relativ schnelle und einfache Berechnung von kleinen bis mittleren Anlagen vorzunehmen. Von Vorteil sind auch die freie Wahl des Temperaturgefälles, die genaue Ermittlung des Gesamt-Zirkulationsstromes und die ausreichend genaue Aufteilung des Zirkulationsstromes auf die einzelnen Stränge. Eine Vereinfachung ist durch den Verzicht auf die differenzierte Berechnung der Wärmeströme und der Druckverluste durch Einzelwiderstände möglich.

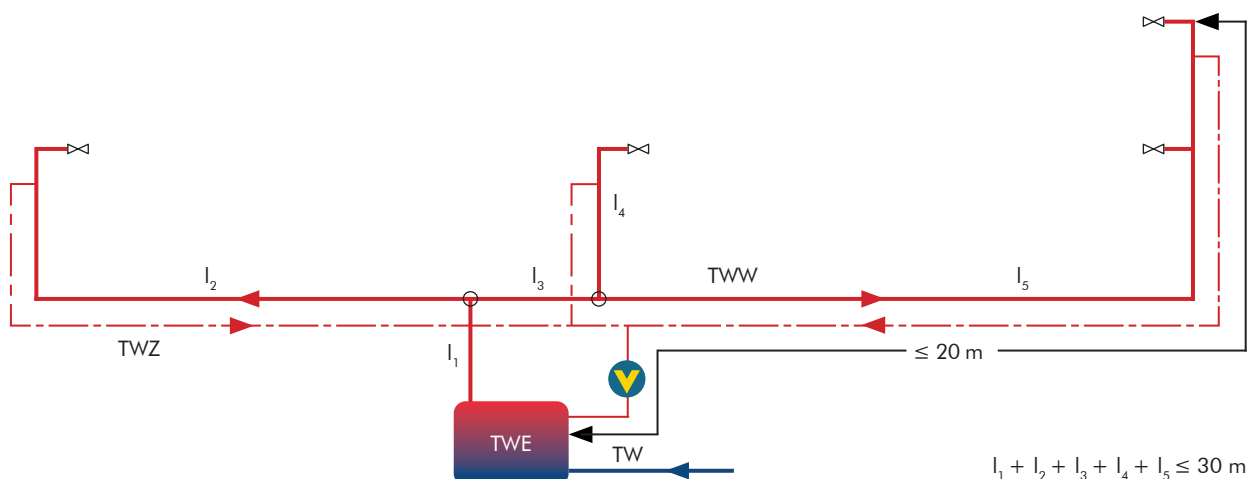


Bild 34: maximal zulässige Längen für das Kurzverfahren

5.6.2.1 VEREINFACHUNGEN UND BERECHNUNGSGANG

BESTIMMUNG DER VOLUMENSTRÖME

Für die Ermittlung der Wärmeverluste der Warmwasserleitungen, die in die Bestimmung der Volumenströme der Teilstrecken eingehen, können folgende Vereinfachungen angenommen werden:

- ▼ Wärmeverlust der im Keller verlegten Warmwasserleitungen: $\dot{q}_{w,K} = 11 \text{ W/m}$
- ▼ Wärmeverlust der im Schacht verlegten Warmwasserleitungen: $\dot{q}_{w,S} = 7 \text{ W/m}$

Die Wärmeverluste der Armaturen werden nicht berücksichtigt, da sie nach EnEV gedämmt und dadurch vernachlässigbar gering sind. Der Wärmeverlust aller Warmwasserleitungen \dot{Q}_w beträgt danach:

$$\dot{Q}_w = l_{w,K} \cdot \dot{q}_{w,K} + l_{w,S} \cdot \dot{q}_{w,S} \quad (1)$$

Die rechnerische Temperaturdifferenz bzw. Abkühlung des Warmwassers bis zum Abgang der Zirkulationsleitung von der Versorgungsleitung beträgt:

$$\Delta\theta_w = 2 \text{ K}$$

Mit dieser Temperaturdifferenz kann man nun den Förderstrom \dot{V}_p [l/h] der Zirkulationspumpe bestimmen:

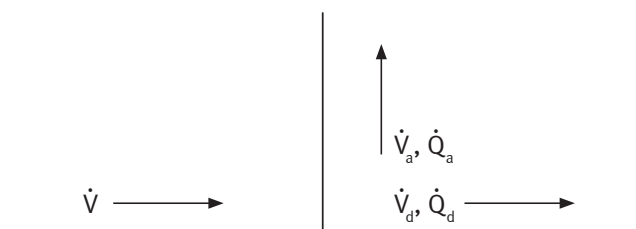
$$\dot{V}_p = \frac{\dot{Q}_w}{\rho \cdot c \cdot \Delta\theta_w} \quad (2)$$

Es kann angenommen werden:

$$\rho = 1 \text{ kg/l}$$

$$c = 1,2 \text{ Wh/kg K}$$

Durch den jetzt bekannten Förderstrom der Zirkulationspumpe kann man die Verteilung der Volumenströme auf die einzelnen Teilstrecken bestimmen. In einem Knotenpunkt wird der Volumenstrom in einen Durchgangsweg und einen Abzweigweg aufgeteilt.



Der Volumenstrom der abzweigenden Teilstrecke lässt sich wie folgt berechnen:

$$\dot{V}_a = \dot{V} \cdot \frac{\dot{Q}_a}{\dot{Q}_a + \dot{Q}_d} \quad (3)$$

Für den Volumenstrom im Durchgangsweg gilt:

$$\dot{V}_d = \dot{V} \cdot \frac{\dot{Q}_d}{\dot{Q}_a + \dot{Q}_d} \quad (4)$$

oder

$$\dot{V}_d = \dot{V} - \dot{V}_a \quad (5)$$

DIMENSIONIERUNG DER ROHRDURCHMESSER FÜR DIE ZIRKULATIONSLEITUNG

Die Rohrdurchmesser der Zirkulationsleitungen werden unter Berücksichtigung der Fließgeschwindigkeit von 0,2 bis 0,5 m/s durch R-Wert-Tabellen bestimmt. Es ist jedoch ein Innendurchmesser von mindestens 10 mm vorzusehen. Die einzelnen Zirkulationsstrangleitungen werden getrennt von den Zirkulationssammelleitungen in ein geeignetes Formblatt übertragen und dimensioniert. Es kann dabei durchaus vorkommen, dass die Fließgeschwindigkeiten bei pumpennahen Leitungen höher liegen als bei pumpenfernen Leitungen.

BESTIMMUNG DES FÖRDERDRUCKS DER ZIRKULATIONS Pumpe

Der Förderdruck der Zirkulationspumpe wird über den Reibungsdruckverlust des ungünstigsten Zirkulationsweges – meistens der längste Zirkulationsstrang mit den größten Widerständen – bestimmt. Umlenkungen und Abzweige werden pauschal mit einem Zuschlag von 20–40 % dazugerechnet.

Damit ergibt sich folgender Förderdruck:

$$\Delta p_p = 1,2 \dots 1,4 (\Sigma l \cdot R) + \Sigma \Delta p_{RV} + \Delta p_{TH} + \Delta p_{AP} \quad (6)$$

Mit der errechneten Fördermenge und dem Förderdruck lässt sich nun der tatsächliche Betriebspunkt der Anlage und somit der tatsächliche Betriebspunkt der Pumpe bestimmen.

5.6.2.2

BERECHNUNGSBEISPIEL

Zur Verdeutlichung der Berechnung größerer Zirkulationssysteme wird im Folgenden ein Berechnungsbeispiel anhand eines Mehrfamilienhauses mit 10 Wohneinheiten aufgezeigt. In der Praxis sollte jedoch ab einer Anlagengröße von 6 Wohneinheiten das differenzierte Verfahren nach DIN 1988-300 [6] angewandt werden, da dann weitere wichtige hydraulische Zusammenhänge zu berücksichtigen sind (siehe Kap. 5.7).

- ▼ Mehrfamilienhaus mit 10 Wohnungen
- ▼ Rohrwerkstoff: Kupfer
- ▼ Bemessung der Warmwasserleitungen nach DVGW-Arbeitsblatt W 553 [9]
- ▼ Entnahmematrimen einzeln gesichert

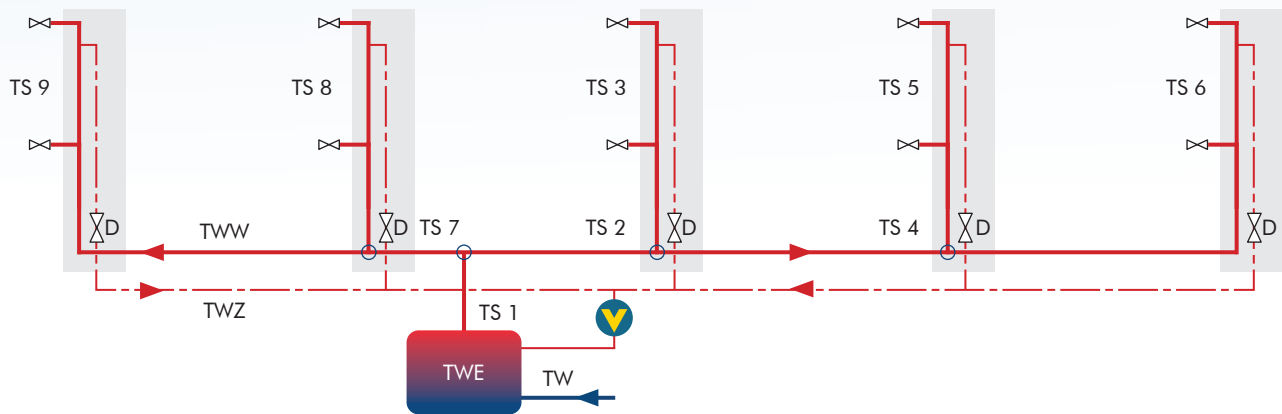


Bild 35: Strangschema

BERECHNUNG DER WÄRMEVERLUSTE DER TEILSTRÖME IN DEN TWW-TEILSTRECKEN NACH GLEICHUNG (1)

TEILSTRECKE	KELLER/ SCHACHT (K/S)	LÄNGE l [m]	WÄRMEVERLUST / METER \dot{q}_w [W/m]	WÄRMEVERLUST l • \dot{q}_w [W]	SUMME $\Sigma l \cdot \dot{q}_w$ [W]
TS 1	K	3	11	33	33
TS 2	K	5	11	55	55
TS 3	S	12	7	84	84
TS 4	K	5	11	55	55
TS 5	S	12	7	84	84
TS 6	K S	5 12	11 7	55 84	139
TS 7	K	5	11	55	55
TS 8	S	12	7	84	84
TS 9	K S	5 12	11 7	55 84	139
Summe der Längen		88		Summe der Wärmeverluste	728

Tabelle 1: Wärmeverluste der Teilstrecken

BERECHNUNG DER VOLUMENSTRÖME

Mit den Gesamtwärmeverlusten aus **Tabelle 1** und der rechnerischen Temperaturdifferenz von $\Delta\theta_w = 2$ K lässt sich nun der Förderstrom der Zirkulationspumpe nach Gleichung (2) bestimmen:

Die Teilströme teilen sich in den Knotenpunkten auf. Die Teilstrecke, die in Fließrichtung zum Knotenpunkt führt, wird in **Tabelle 2** (Seite 21) in die 1. Spalte eingetragen.

$$\dot{V}_p = \frac{728 \text{ W}}{1 \text{ kg/l} \cdot 1,2 \text{ Wh/kgK} \cdot 2 \text{ K}} = 303,3 \text{ l/h}$$

1 TWW-TEIL- STRECKE ZUM KNOTENPUNKT	2 VOLUMEN- STROM ZUM KNOTENPUNKT	3 WÄRME- VERLUST IM ABZWEIG	4 WÄRME- VERLUST IM DURCHGANG	5 WÄRME- VERLUST IM KNOTENPUNKT	6 VOLUMEN- STROM IM ABZWEIG	7 VOLUMEN- STROM IM DURCHGANG	8 KONTROLLE
	\dot{V} [l/h]	\dot{Q}_a [W]	\dot{Q}_d [W]	$\dot{Q}_a + \dot{Q}_d$ [W]	\dot{V}_a [l/h]	\dot{V}_d [l/h]	$\dot{V}_d = \dot{V} - \dot{V}_a$ [l/h]
TS 1	303	278 ¹	417 ²	695	121	182	303 – 121
TS 2	182	84	278	362	42	140	182 – 42
TS 4	140	84	139	223	53	87	140 – 53
TS 7	121	84	139	223	46	75	121 – 46

Tabelle 2: Berechnung der Teilströme in den Verteilungs- bzw. Zirkulationsleitungen

¹ Im Strangschemata nach links. ² Im Strangschemata nach rechts.

Anfangsteilstrecke ist die TS 1, die am TWE beginnt. Der Volumenstrom dieser Teilstrecke, die in Fließrichtung zum 1. Knotenpunkt führt, wird in die 2. Spalte eingetragen. Dieser Volumenstrom teilt sich auf nach links in die TS 7, die als Abzweig festgelegt wird, und nach rechts in die TS 2, hier die Durchgangsteilstrecke. Die Wärmeverluste dieser beiden abgehenden Teilstrecken werden einzeln zusammengerechnet. Das heißt, der Wärmeverlust im Abzweig (3. Spalte) setzt sich aus Wärmeverlusten der Teilstrecken 7 – 9 zusammen:

$$\dot{Q}_a = (55 + 84 + 139) \text{ W} = 278 \text{ W}$$

Der Wärmeverlust im Durchgang (4. Spalte) wird über die einzelnen Wärmeverluste der Teilstrecken 2 – 6 bestimmt:

$$\dot{Q}_d = (55 + 84 + 55 + 84 + 139) \text{ W} = 417 \text{ W}$$

Rechnet man nun diese beiden Wärmeverluste zusammen, ergibt sich der Wärmeverlust im Knotenpunkt (5. Spalte).

Nun kann man die einzelnen Volumenströme im Abzweig (Spalte 6) und im Durchgang (Spalte 7) nach den Gleichungen (3) und (4) bestimmen:

im Abzweig nach Gleichung (3):

$$\dot{V}_a = 303 \text{ l/h} \cdot \frac{278 \text{ W}}{695 \text{ W}} = 121 \text{ l/h}$$

und im Durchgang nach Gleichung (4):

$$\dot{V}_d = 303 \text{ l/h} \cdot \frac{417 \text{ W}}{695 \text{ W}} = 182 \text{ l/h}$$

In Spalte 8 kann der letzte Wert nach Gleichung (5) kontrolliert werden:

$$\dot{V}_d = (303 - 121) \text{ W} = 182 \text{ l/h}$$

Dieser Volumenstrom, der zum nächsten Knotenpunkt führt, ist Ausgangswert für TS 2 als Volumenstrom von TS 2 zum Knotenpunkt, mit TS 3 als Abzweig und TS 4 als Durchgang, in der nächsten Zeile der Tabelle. Die Berechnungen werden dann analog zu den bisherigen weitergeführt.

AUSWAHL DER ROHRDURCHMESSER FÜR DIE ZIRKULATIONSLEITUNGEN

Die Nennweiten für die Zirkulationsleitungen werden in einer Tabelle getrennt nach Teilstrecken ermittelt. Die Längen und Volumenströme der Teilstrecken für die Zirkulation sind genauso groß wie die für die parallel verlegten Versorgungsleitungen. Diese werden in **Tabelle 3** (Seite 22) in die 3. und 4. Spalte eingetragen. In Spalte 5 werden die Volumenströme von l/h in l/s umgerechnet. Mit den R-Wert-Tabellen werden nun die Nennweiten der Zirkulationsleitung unter Beachtung der maximal zulässigen Fließgeschwindigkeit von 0,5 m/s ausgewählt (Spalte 6 – 8). Nachdem der Rohrleitungsdruckverlust (Spalte 9) ermittelt wurde, addiert man 40 % der Einzelwiderstände zur Rohrreibung (Spalte 12) hinzu.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
TEIL-STRECKE	ROHR	l [m]	\dot{V}_z [l/h]	\dot{V}_z [l/s]	d_a [mm]	v [m/s]	R [mbar/m]	I • R [mbar]	$\Sigma \zeta$	Z [mbar]	I • R + Z' [mbar]	Δp_p [mbar]
TS 1	Cu	3	303	0,085	18	0,43	2,10	6			8	
TS 2	Cu	5	182	0,050	18	0,25	0,84	4			6	
TS 3	Cu	5	140	0,039	15	0,29	1,46	7			10	
TS 4	Cu	5	121	0,034	15	0,26	1,16	6			8	
TS 5	Cu	12	42	0,012	12	0,16	0,72	9			13	38
TS 6	Cu	12	53	0,015	12	0,19	1,05	13			18	23
TS 7	Cu	17	87	0,024	12	0,30	1,84	31			43	
TS 8	Cu	12	46	0,013	12	0,17	0,83	10			14	25
TS 9	Cu	17	75	0,021	12	0,26	1,66	28			39	

Tabelle 3: Bestimmung der Rohrdurchmesser der Zirkulationsleitung

¹ 1,4 • I • R (+ 40 % aus den Einzelwiderständen, ohne Rückschlagventil).

BERECHNUNG DES FÖRDERDRUCKS FÜR DIE ZIRKULATIONSPUMPE

Zur Berechnung des Förderdrucks nach Gleichung (6) werden die Druckverluste durch Reibung und Strömungswiderstände im hydraulisch ungünstigsten Fließweg (Teilstrecken 1, 2, 4, 6) ermittelt. Dazu kommen der Druckverlust des VORTEX Rückschlagventils mit 20 mbar und die Einzelwiderstände mit 40 % der Rohrreibung:

$$\Delta p_p = 1,4 \cdot (\Sigma l \cdot R_{TS\ 1,2,4,6}) + \Delta p_{RV}$$

$$\Delta p_p = 1,4 \cdot (6 + 4 + 7 + 31) \text{ mbar} + 20 \text{ mbar}$$

$$\Delta p_p = 87 \text{ mbar}$$

Damit sind die Daten für die Zirkulationspumpe bekannt: Förderhöhe: 0,87 m, Fördermenge: 0,303 m³/h.

Folgendes Diagramm (Bild 36) konnte mit den gewonnenen Daten erstellt werden:

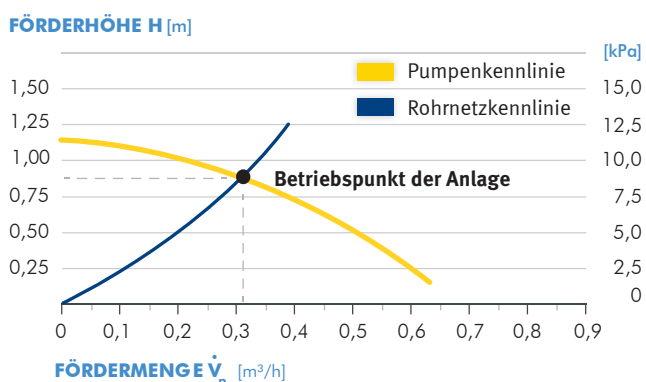


Bild 36: Rohrnetz- und Pumpenkennlinie zum Berechnungsbeispiel

STRANGABGLEICH DURCH STRANGREGULIERVENTILE

Damit die gewünschten Temperaturen in den einzelnen Strängen erreicht werden und alle Stränge den gleichen Druckverlust erhalten, wird die überschüssige Druckdifferenz in allen anderen Strängen gleichermaßen durch voreingestellte Strangregulierventile abgebaut. Der ermittelte überschüssige Druckverlust (Spalte 13) wird mit dem Durchfluss des jeweiligen Stranges (Spalte 4) in das Voreinstelldiagramm des Ventilherstellers übertragen und der Voreinstellwert bestimmt.

5.7 DIFFERENZIIERTES VERFAHREN NACH DIN 1988-300

Dieses Verfahren ist für jede Anlagengröße geeignet, besonders dann, wenn mithilfe der EDV die Systemparameter bemessen werden. Gegenüber dem vereinfachten Verfahren unterscheidet es sich dadurch, dass hier die Wärmeverluste und die Druckverluste differenziert ermittelt werden und somit die Voreinstellungen der Drosselventile relativ genau berechnet werden – allerdings immer auf Grundlage der Annahmen!

Die einzelnen Rechenschritte werden im differenzierten Verfahren prinzipiell wie folgt durchgeführt:

1. Ermittlung der Wärmeverluste der TWW-Leitungen (abhängig von der Nennweite, der Dämmung und der Raumlufttemperatur)
2. Berechnung des Förderstroms der Zirkulationspumpe
3. Berechnung der Teilströme
4. Bestimmung der Nennweiten für die Zirkulationsleitungen
5. Berechnung des Förderdrucks für die Zirkulationspumpe über die differenzierten Druckverluste des ungünstigsten Stranges
6. Wahl der Zirkulationspumpe
7. Ermittlung der Voreinstellungen für die Strangregulierventile

6 HYGIENISCHE ANFORDERUNGEN BEIM PUMPENBETRIEB

6.1

GEFAHR DURCH LEGIONELLEN IM TRINKWASSER

Keime und Bakterien im Trinkwasser können sich unter ungünstigen Umständen stark vermehren und für den Menschen gefährlich werden. Insbesondere ist hier der Typ *Legionella pneumophila* zu nennen, der erstmals im Jahre 1976 beschrieben wurde und seitdem weltweit immer wieder in den Schlagzeilen auftaucht.

Legionellen sind stäbchenförmige Bakterien, die einen Durchmesser zwischen 0,2 und 0,7 µm und eine Länge von etwa 1 bis 4 µm haben. Bekannt wurden bisher mehr als 40 Arten und 50 Untergruppen. Legionellen sind in der Natur in Oberflächengewässern, wie Flüssen und Seen, d. h. ausschließlich im Süßwasser, nachgewiesen worden. Relativ selten treten Legionellen im Grundwasser auf. Sie wurden aber auch schon in gefrorenen Flüssen und in heißen Quellen, also unter extremen klimatischen Bedingungen gefunden. Legionellen sind, außer in salzhaltigem Wasser, häufig nachweisbar, nachdem man sie zunächst für relativ selten gehalten hat. Ideale Vermehrungsbedingungen finden Legionellen in einem Temperaturbereich zwischen 25 und 45 °C. Oberhalb von 50 °C sind Legionellen nicht mehr lebensfähig und sterben ab.

Insgesamt hängt das Legionellenwachstum außer von der Temperatur aber auch noch von anderen Faktoren im Wasser ab, wie z. B. vom Sauerstoffgehalt, dem pH-Wert, dem Anteil von Metallionen und Elektrolyten und auch vom Werkstoff der Rohrleitung. Legionellen ernähren sich von abgestorbenen Mikroorganismen, können aber auch mit einigen Algenarten eine Symbiose bilden und so voneinander profitieren.

In technischen Anlagen, die der Wasseraufbereitung oder -verteilung dienen oder unter Verwendung von Wasser betrieben werden (z. B. Kühltürme, Klimaanlage und Warmwassersysteme), kann es zu einer Kontamination des Wassers mit Legionellen in hohem Maße kommen. Übertragen werden die Bakterien durch feinste feuchte Aerosole, also im Feuchtigkeits-Luft-Gemisch, z. B. beim Duschen oder an Inhalations- und Beatmungsapparaten, aber auch in Warmsprudelbecken, in der Nähe von Luftbefeuchtern, offenen Rückkühlwerken und ähnlichen Anlagen. In Krankenhäusern wurde auch schon das Trinken von kontaminiertem Wasser als Infektionsweg festgestellt. Eine Übertragung der Bakterien von Mensch zu Mensch kann man dagegen ausschließen.

Man unterscheidet zwei typische Krankheitsbilder. Das sogenannte Pontiac-Fieber ist eine leichte Infektion ohne Lungenbeteiligung, die nach wenigen Tagen abklingt und bei der Todesfälle nicht bekannt geworden sind. Die Legionellose (*Legionärskrankheit*) ist weitaus gefährlicher. Sie ist eine akute bakterielle Lungenentzündung, die tödlich enden kann. Prinzipiell kann jeder Mensch an einer Legionellose erkranken. Besonders gefährdet sind aber Menschen mit geschwächtem Immunsystem. Auffallend ist, dass dreimal mehr Männer als Frauen an Legionellose erkranken. Auch erhöht sich das Erkrankungsrisiko mit steigendem Alter sowie bei Rauchern und Diabetikern.

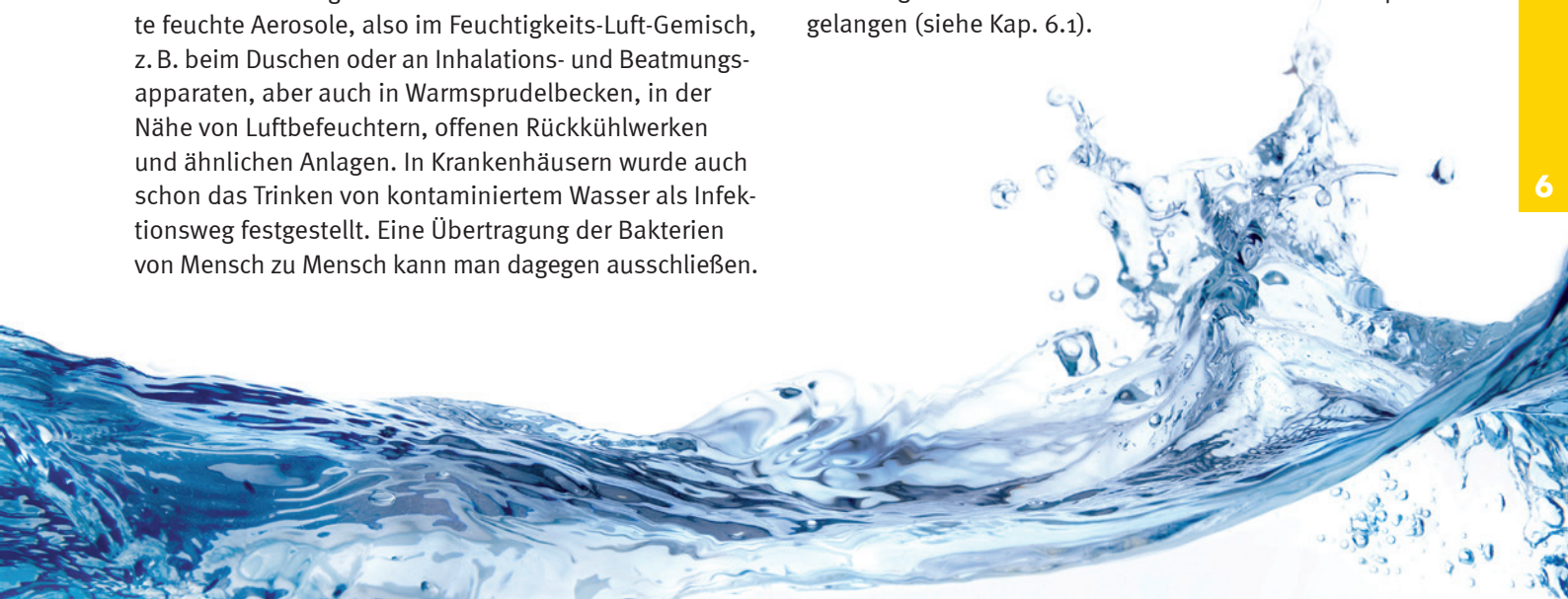
6.2

NEUE TRINKWASSERVERORDNUNG – UNTERSUCHUNGSPFLICHTEN

Die am dem 1. November 2011 in Kraft getretenen Novellierungen der TrinkwV [2] beschreiben als eine ihrer wichtigsten Neuerungen die Pflicht zu regelmäßigen Untersuchungen und die Anzeigepflicht bzgl. Legionellen nicht mehr nur bei öffentlichen Einrichtungen, sondern nun auch bei allen sonstigen gewerblich genutzten Gebäuden, d. h. z. B. auch bei vermieteten Wohnanlagen. Von den Pflichten ausgenommen sind alle als Kleinanlagen definierten Gebäude, vor allem wegen des deutlich geringeren Gefährdungspotenzials.

Zu Kleinanlagen zählen grundsätzlich alle Ein- und Zweifamilienhäuser, unabhängig von der jeweiligen Speichergröße und unabhängig vom Wasservolumen in den Rohrleitungen. Alle anderen Gebäude gelten dann noch als Kleinanlage, wenn deren Speicherinhalt nicht mehr als 400 l und der Rohrleitungsinhalt, gemessen vom Speicheraustritt der Warmwasserleitung bis zur entferntesten Entnahmestelle, nicht mehr als 3 l beträgt.

Ebenso ausgenommen von den Untersuchungspflichten sind Großanlagen, in denen keine Duschen oder Handbrausen installiert sind, da Legionellen nur über die Vernebelung des Trinkwassers in den menschlichen Körper gelangen (siehe Kap. 6.1).





6.3 BETRIEB VON ZIRKULATIONSUMPEN – VEREINBARKEIT VON ENERGIESPAR- UND HYGIENANFORDERUNGEN

Wie in Kap. 1.5.3 bereits erwähnt, schreibt die EnEV [3] vor, dass Zirkulationspumpen mit selbsttätig wirkenden Einrichtungen zur Ein- und Ausschaltung ausgestattet sein müssen. Die Laufzeit von Zirkulationspumpen soll also zum Zwecke der Energieeinsparung und des Klimaschutzes möglichst begrenzt werden.

Hingegen müssen Trinkwasserinstallationen so ausgeführt und betrieben werden, dass hygienisch unbedenkliche Bedingungen herrschen und die Gesundheit des Menschen nicht gefährdet wird. Im Hinblick auf den Betrieb von Zirkulationspumpen geht dies oft einher mit der Forderung nach möglichst langen Pumpenlaufzeiten, weil dadurch Legionellenwachstum aufgrund ungünstiger Temperaturverhältnisse in Teilstrecken des Rohrnetzes vermieden werden soll.

Mit auf dem Markt befindlichen modernen Pumpen- und Steuerungskonzepten, wie zum Beispiel der selbstlernenden Zirkulationspumpe VORTEX BlueOne BWO 155 SL (siehe Kap. 2 und 3.3), sind aber zum Teil weitaus geringere Pumpenlaufzeiten möglich, die den genannten Forderungen nach hygienischer Unbedenklichkeit somit scheinbar widersprechen. Energieeinsparung und Hygiene schließen sich aber nicht von vornherein gegenseitig aus.

So ist in Kleinanlagen (d. h. vor allem Ein- und Zweifamilienhäuser) die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten bzw. die Vermehrung von Legionellen wegen der geringeren Speicher- und Rohrnetzgrößen und wegen des relativ häufigen Wasseraustauschs deutlich vermindert,

wengleich nicht ausgeschlossen [10, 11]. Aus diesem Grunde wird in Fachkreisen und sogar offiziell von Seiten des Umweltbundesamts durchaus auch die Haltung vertreten, dass Kleinanlagen von den Forderungen des technischen Regelwerks, was die Zirkulation anbetrifft, ausgenommen sind [12 – 15].

Dies wird auch dadurch unterstrichen, dass Problemfälle bis hin zu Todesfällen bisher nur bei Großanlagen wie z. B. in Krankenhäusern, Hotels oder Altenheimen bekannt geworden sind. Dort besteht wegen der wesentlich komplexeren Rohrnetze und größeren Wasservolumina ein wesentlich höheres Gefährdungspotenzial, zumal ältere Anlagen des Öfteren erhebliche Schwachstellen bzw. Installationsmängel aufweisen. Außerdem befinden sich in o. g. Einrichtungen vermehrt Personen, die wegen geschwächter Abwehrmechanismen einer erhöhten Gefährdung unterliegen. Oft müssen dort zusätzlich vorbeugende Maßnahmen getroffen werden, um Infektionen zu verhindern (z. B. Hygienespüleinrichtungen oder endständige Filter).

Nimmt man trotzdem den Text des Regelwerks im DVGW-Arbeitsblatt W 551 [8] auch für Kleinanlagen als Maßstab, so wird dort aber auch darauf verwiesen, dass grundsätzlich „auch mit anderen technischen Maßnahmen und Verfahren das angestrebte Ziel des Arbeitsblattes (Verminderung des Legionellenwachstums) eingehalten werden kann“.

Ein regelmäßiger Desinfektionslauf, der das Zirkulationssystem mit einschließt, ist zum Beispiel eine solche Maßnahme. Aus diesem Grunde wurden die VORTEX Pumpenvarianten mit Selbstlernmodul mit einer entsprechenden Funktionalität ausgestattet (Desinfektionslauferkennung). Sofern die Steuerung des Trinkwassererwärmers also regelmäßig für entsprechend hohe Temperaturen (z. B. 70 °C) im Speicher sorgt, wird von der Pumpe ein zeitlich begrenzter Desinfektionslauf durchgeführt, so dass der gesamte Zirkulationskreis mit dieser Temperatur beaufschlagt wird. Darüber hinaus führen diese Pumpen automatische Spülläufe bei längerer Abwesenheit der Nutzer durch (Urlaubserkennung). Durch Anwendung dieser Technik muss die „8-Stunden-Regel“ (laut DIN 1988-200 [5] oder DVGW-Arbeitsblatt W 551 [8] sollen Zirkulationspumpen höchstens 8 h/Tag ausgeschaltet sein) also nicht zwingend eingehalten werden.

Der Forderung des Nachweises der einwandfreien hygienischen Verhältnisse, die das Arbeitsblatt W 551 in solchen Fällen stellt, wird bei Großanlagen durch die in der TrinkwV vorgeschriebene Untersuchungspflicht entsprochen (s. o.). Bei entsprechender Befundlage können also auch Großanlagen mit kürzeren Pumpenlaufzeiten betrieben werden [16, 17].

Bei Kleinanlagen besteht diese Untersuchungspflicht zwar nicht (siehe Kap. 6.2), es kann aber dann von

hygienisch einwandfreien Verhältnissen ausgegangen werden, wenn das Warmwassersystem nach den Anforderungen von W 551 geplant, ausgeführt und betrieben wird oder sanierte Anlagen ebenfalls diese Bedingungen erfüllen [16, 17]. Dazu gehören vor allem die einzuhaltende Mindesttemperatur im Speicher (zu empfehlen: 55 °C), das Vermeiden von Stagnationsstrecken, eine hydraulisch abgegliche Zirkulation sowie eine fachgerechte Dämmung, um die wichtigsten Punkte zu nennen.

Sollten diese Vorgaben nicht oder nur unzureichend erfüllt sein, ist von Pumpenregelungen mit sehr kurzen Pumpenlaufzeiten sowohl aus Komfort- wie auch aus hygienischen Gründen abzuraten. VORTEX bietet jedoch ein breites Spektrum an Pumpenregelungen mit einer ganzen Reihe von Eigenschaften und Einstellvarianten, die es ermöglichen, für jeden Anwendungsfall die geeignetste Lösung zu finden (**Tabelle 4**, vgl. auch Seite 7).

Letztlich ist aber der Nutzer der Kleinanlage dafür verantwortlich, wie bzw. mit welcher Regelungsvariante er seine Zirkulationspumpe betreibt. Auf ein ggf. bestehendes Risiko einer Legionelleninfektion, etwa bei ungünstiger Konfiguration oder unsachgemäßer Anwendung der Anlage, muss der Ersteller (Installateur) deshalb hinweisen. Im Zweifel sollte er sich dies per Übergabeprotokoll vom Nutzer bestätigen lassen.


BWO 155 SL CONNECT / SL	BWO 155 Z	BWO 155 ERT	BWO 155	BWO 155 12V
				
<ul style="list-style-type: none"> ▼ Dauerlauf möglich ▼ Drehzahl verstellbar ▼ Automatische Desinfektionslauferkennung ▼ Automatische Spülläufe ▼ Automatischer Betrieb (AUTOlearn) ▼ Div. Informationen/ Funktionen über App ablesbar/ aktivierbar 	<ul style="list-style-type: none"> ▼ Dauerlauf möglich ▼ Drehzahl verstellbar ▼ Automatische Desinfektionslauferkennung ▼ Automatische Spülläufe ▼ Automatischer Betrieb (AUTOlearn) 	<ul style="list-style-type: none"> ▼ Dauerlauf möglich ▼ Drehzahl verstellbar ▼ Laufzeiten einstellbar 	<ul style="list-style-type: none"> ▼ Dauerlauf möglich ▼ Drehzahl verstellbar ▼ Abschalttemperatur einstellbar ▼ Betrieb über externe Zeitschaltung möglich 	<ul style="list-style-type: none"> ▼ Dauerlauf ▼ Drehzahl verstellbar ▼ Betrieb über externe Zeitschaltung möglich ▼ 12V Gleichstrommodell

Tabelle 4: VORTEX Hocheffizienz-Pumpenmodelle

7 LITERATURVERZEICHNIS

- [1] TrinkwV: Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung – TrinkwV 2001).
- [2] TrinkwV: Erste bis dritte Verordnung zur Änderung der Trinkwasserverordnung, Mai 2011, Dezember 2012 und November 2015.
- [3] EnEV: Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV), Mai 2014.
- [4] DIN 1988-100: Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen – Teil 100: Schutz des Trinkwassers, Erhaltung der Trinkwassergüte; Technische Regel des DVGW. DIN Deutsches Institut für Normung e. V., August 2011.
- [5] DIN 1988-200: Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen – Teil 200: Installation Typ A (geschlossenes System) – Planung, Bauteile, Apparate, Werkstoffe; Technische Regel des DVGW. DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Mai 2012.
- [6] DIN 1988-300: Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen – Teil 300: Ermittlung der Rohrdurchmesser; Technische Regel des DVGW. DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Mai 2012.
- [7] DIN EN 806-3: Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen – Teil 3: Ermittlung der Rohrinne Durchmesser – Vereinfachtes Verfahren; Deutsche Fassung EN 806-3:2006.
- [8] DVGW-Arbeitsblatt W 551: Trinkwassererwärmungs- und Trinkwasserleitungsanlagen; Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums; Planung, Errichtung, Betrieb und Sanierung von Trinkwasser-Installationen, April 2004.
- [9] DVGW-Arbeitsblatt W 553: Bemessung von Zirkulationssystemen in zentralen Trinkwassererwärmungsanlagen, Dezember 1998.
- [10] W. Mathys et al.: Occurrence of Legionella in hot water systems of single-family residences in suburbs of two German cities with special reference to solar and district heating. *Int. J. Hyg. Environ. Health* 211/2008, S. 179–185.
- [11] M. Harmuth: Untersuchungen zum Vorkommen von Legionellen in Warmwassersystemen von Ein- und Zweifamilienhäusern. Dissertation am Institut für Hygiene am Universitätsklinikum Münster, 2006.
- [12] E. Augsten-Alves: Legionellenschaltung in der Zirkulation. *Moderne Gebäudetechnik* 1–2/2013, S. 56–58.
- [13] Stellungnahme des UBA: Energiesparen bei der Warmwasserbereitung – Vereinbarkeit von Energieeinsparung und Hygieneanforderungen an Trinkwasser. Umweltbundesamt, September 2011.
- [14] M. Raumberger, H.-J. Graßer: Technische Regeln der Wasser-Installation. Jahresvortrag auf der Informationsveranstaltung der Innungen für Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik und der mittelfränkischen Netzbetreiber in Fürth, April 2012.
- [15] B. Wenzel: Möglichst keimfrei soll es sein. *IKZ-Fachplaner*, Mai 2012, S. 10–15.
- [16] Technische Maßnahmen zur Einhaltung der Trinkwasserhygiene – Verminderung des Legionellen- und Pseudomonaswachstums in Trinkwasserinstallationen. Fachinformation Zentralverband Sanitär Heizung Klima, St. Augustin, September 2005.
- [17] F.-J. Heinrichs: Verminderung des Legionellenwachstums in Trinkwasser-Installationen. *IKZ-HAUSTECHNIK*, 8/2004, S. 38 ff.

FIRMENHISTORIE – SEIT 1965 ERFAHRUNG MIT BRAUCHWASSERPUMPEN

1965

Am 1. April 1965 Gründung der Deutschen VORTEX GmbH.

V 100 heißt die erste Brauchwasserpumpe, eine hermetisch dichte Magnetkupplungspumpe mit integriertem Thermostat.

1975

VORTEX stellt die BW 150 vor, die erste Pumpe mit einem revolutionären Motorenprinzip – dem Kugelmotor.

1980

Die BWZ 150 ist die weltweit erste Brauchwasserpumpe mit integrierter Zeitschaltuhr. Rückschlagventil und Kugelabsperrhahn werden bei VORTEX direkt in das Pumpengehäuse eingebaut.

1985

Heizungspumpen und eine Brauchwasserpumpe mit einer Förderhöhe von 3,50 m erweitern die Produktpalette.

1987

Abgleich von verzweigten Kreisläufen durch automatische VORTEX Zirkulationsregler

1991

VORTEX Brauchwasserpumpen mit digitaler Zeitschaltuhr und elektronischem Thermostat

1996

Um 360° drehbare Zeitschaltuhren werden mit der Baureihe BW/BWZ 152/153 eingeführt. Der VORTEX Entlüftungsflansch vereinfacht die Entlüftung der Zirkulationsanlage.

1997

Zertifizierung des Qualitätsmanagements

2000

VORTEX geht online: www.deutsche-vortex.de

2004

VORTEX Brauchwasserpumpe BWM 153 mit Multifunktionsmodul: 5 fest gespeicherte Schaltprogramme, elektronischer Thermostat, BWM 153+ mit zusätzlicher Legionellenschaltung u. v. m.

2008

VORTEX Brauchwasserpumpe BW-SL 154 mit **AUTOlearn**-Technologie: Diese Pumpe lernt die Zeitpunkte der Warmwasserentnahme selbsttätig (optimale Versorgung bei minimalem Energieaufwand).

2011

Die aktuelle Hocheffizienz-Pumpengeneration BlueOne (BWO 155) mit einer Leistungsaufnahme von nur noch 2,5 bis 9 W kommt auf den Markt.

2013

Neue BlueOne Universal-Motoren, passend auf alle marktgängigen Pumpengehäuse.

2017

Markteintritt der neuen Smart-Home-Pumpenvariante BWO 155 SL CONNECT



BLUEONE PUMPEN MADE IN GERMANY

UNIVERSELL - EINFACH - HOCHEFFIZIENT

5 JAHRE
GARANTIE
AB HERSTELLDATUM



Prospekte sowie Betriebs- und Installationsanleitungen finden Sie im Downloadbereich auf:
www.deutsche-vortex.de

50 JAHRE

Mehr als 50 Jahre Erfahrung in der Entwicklung und Produktion von Brauchwasserpumpen.

DEUTSCHE VORTEX GMBH & CO. KG

Kästnerstraße 6 | 71642 Ludwigsburg | Fon: +49(0)7141.2552-0
Fax: +49(0)7141.2552-70 | info@deutsche-vortex.de

WWW.DEUTSCHE-VORTEX.DE

