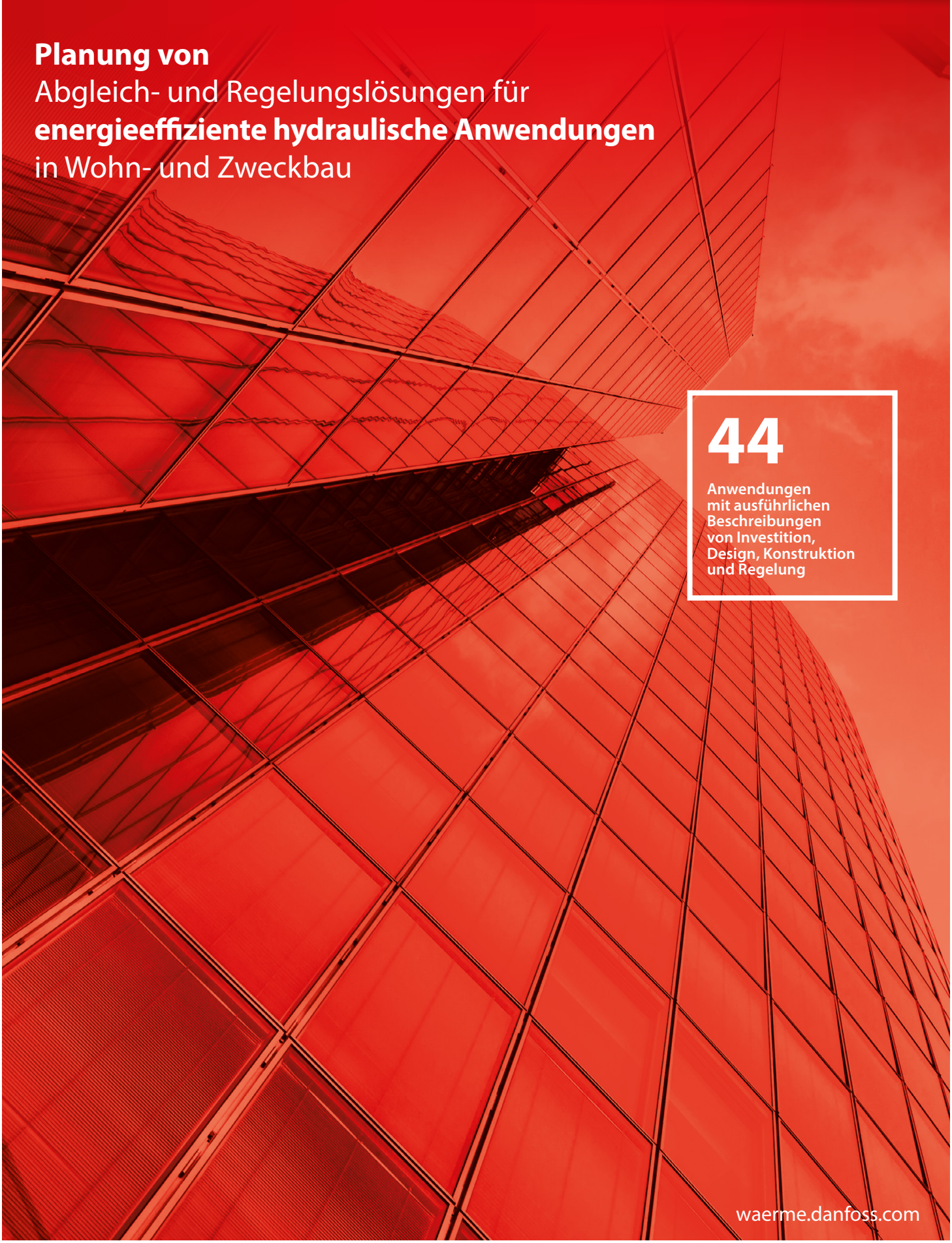
ENGINEERING
TOMORROW

Planungshandbuch

# **Planung von**
# Abgleich- und Regelungslösungen für **energieeffiziente hydraulische Anwendungen** in Wohn- und Zweckbau



**44**

**Anwendungen mit ausführlichen Beschreibungen von Investition, Design, Konstruktion und Regelung**

waerme.danfoss.com

# Inhaltsstruktur in diesem Leitfaden


**1. Hydraulische Anwendungen**
**1.1 Zweckbau**
1.1.1 Variabler Durchfluss
1.1.2 Konstanter Durchfluss
**1.2 Wohnbau**
1.2.1 Zweirohranlage
1.2.2 Einrohranlage
1.2.3 Heizen – spezielle Anwendungen

**2. Mischkreis**

**3. Klimageräte Anwendungen**
3.1 Klimageräte Anwendungen Heizung
3.2 Klimageräte Anwendungen Kühlung

**4. Kühler Anwendungen**

**5. Kessel Anwendungen**

**6. Warmwasser Anwendungen**

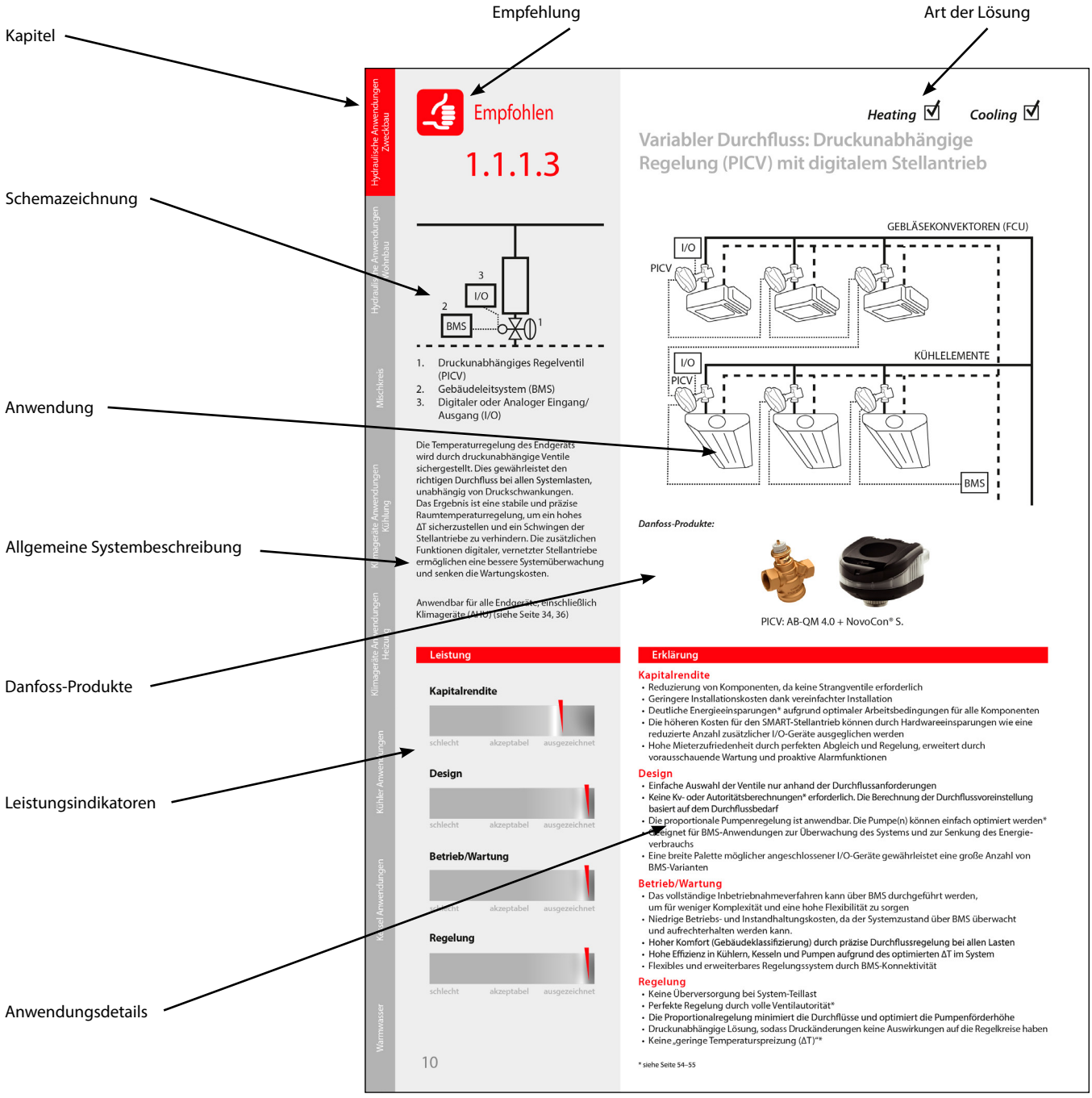
**7. Glossar und Abkürzungen**

**8. Regelung und Ventil-Theorie**

**9. Energieeffizienzanalysen**

**10. Produktübersicht**


# Eine typische Seite zeigt Folgendes:



# Einführung

Die Planung von HVAC-Systemen (HLK) ist nicht ganz einfach. Viele Faktoren müssen berücksichtigt werden, bevor die endgültige Entscheidung über die Wärme- und/oder Kühllast, die zu verwendenden Endgeräte, die Erzeugung von Heizung oder Kühlung und hundert andere Dinge getroffen wird.

Dieser Anwendungsleitfaden wurde entwickelt, um Ihnen dabei zu helfen, einige dieser Entscheidungen zu treffen, indem die Konsequenzen bestimmter Entscheidungen aufgezeigt werden. So könnte es beispielsweise verlockend sein, die niedrigsten Anschaffungskosten (CAPEX) anzustreben, aber häufig geht dies mit Kompromissen bei anderen Faktoren wie dem Energieverbrauch oder der Raumluftqualität (IAQ) einher. Bei einigen Projekten mögen die CAPEX der entscheidende Faktor sein, bei anderen geht es eher um Energieeffizienz oder Regelungspräzision, daher ist er von Projekt zu Projekt unterschiedlich. Wir haben die wichtigsten Informationen zu einer bestimmten Lösung jeweils auf einer Seite zusammengetragen und um eindeutige Hinweise ergänzt, welche Konsequenzen zu erwarten sind, wenn bestimmte Entscheidungen getroffen werden.

Ziel dieses Leitfadens war es nicht, auf jede einzelne Anwendung einzugehen – dies wäre unmöglich. Täglich entwickeln intelligente Designer neue Lösungen, die möglicherweise nur für ein bestimmtes Problem relevant sind oder die neue Probleme lösen. Dafür sind Ingenieure da. Das Streben nach umweltschonenden und energieeffizienten Lösungen stellt jeden Tag neue Herausforderungen, sodass es immer wieder neue Anwendungen gibt. In diesem speziellen Leitfaden finden Sie Informationen zu den am häufigsten verwendeten Anwendungen.

Bei Danfoss gibt es außerdem viele kompetente Mitarbeiter, die Sie bei bestimmten Herausforderungen oder bei Berechnungen unterstützen können. Unterstützung in Ihrer Sprache erhalten Sie von Ihrer Danfoss-Niederlassung vor Ort.

Wir hoffen, dass dieser Leitfaden Sie bei Ihrer täglichen Arbeit unterstützt.

**Jede hier gezeigte Anwendung wird in Bezug auf vier Aspekte analysiert:**

Kapitalrendite, Design, Betrieb/Wartung, Regelung

**Diese werden wie folgt gekennzeichnet:**

Technisch und wirtschaftlich optimierte Lösungen gemäß den Empfehlungen von Danfoss. Diese Lösung führt zu effizienten Betriebssystemen.

Empfohlen

Je nach der Situation und den Besonderheiten des Systems ergibt dies eine vorteilhafte Installation. Es werden jedoch einige Kompromisse eingegangen.

Akzeptabel

Dieses System wird nicht empfohlen, da es zu teuren und ineffizienten Systemen führt oder die Raumluftqualität nicht gewährleistet ist.

Nicht empfohlen

# Anhänge

# Inhaltsverzeichnis


Inhaltsstruktur in diesem Leitfaden 2

Eine typische Seite zeigt Folgendes 2

Einführung 3

## 1. Hydraulische Anwendungen

## 1.1 Hydraulische Anwendungen – Zweckbau

### 1.1.1 Zweckbau – Variabler Durchfluss

1.1.1.1 Variabler Durchfluss: Druckunabhängige Regelung (PICV) mit EIN/AUS-Stellantrieb 8

1.1.1.2 Variabler Durchfluss: Druckunabhängige Regelung (PICV) mit Proportionalregelung 9

1.1.1.3 Variabler Durchfluss: Druckunabhängige Regelung (PICV) mit digitalem Stellantrieb 10

1.1.1.4 Variabler Durchfluss: Durchflussbegrenzung (mit Durchflussbegrenzer) am Endgerät mit EIN/AUS oder modularem Stellantrieb 11

1.1.1.5 Variabler Durchfluss: Differenzdruckregelung mit EIN/AUS oder Modulation 12

1.1.1.6 Variabler Durchfluss: Flexible Lösungen für Rohbau-Installationen bei Bürogebäuden und Einkaufszentren 13

1.1.1.7 Variabler Durchfluss: Manueller Abgleich 14

1.1.1.8 Variabler Durchfluss: Manueller Abgleich bei Ringverlegung des Rücklaufs 15

1.1.1.9 Variabler Durchfluss: 4-Rohr-Umschaltung (ChangeOver CO6) für Heiz-/Kühldecken, Kühlkonvektoren usw. mit PICV-Regelventil 16

1.1.1.10 Variabler Durchfluss: Zweirohr-Heiz-/Kühlsystem mit zentraler Umschaltung 17

### 1.1.2 Zweckbau – Konstanter Durchfluss

1.1.2.1 Konstanter Durchfluss: 3-Wegeventil mit manuellem Abgleich (bei Anwendung mit Klimatruhen, Kühlkonvektoren usw.) 18

1.1.2.2 Konstanter Durchfluss: 3-Wegeventil mit Durchflussbegrenzer an Endgeräten (bei Anwendung mit Klimatruhen, Kühlkonvektoren usw.) 19

## 1.2 Hydraulische Anwendungen – Wohnbau

### 1.2.1 Wohnbau – Zweirohr-Heizkörpersystem

1.2.1.1 Zweirohr-Heizkörpersystem – Stränge mit Heizkörper-Thermostatventilen (mit Voreinstellung) 20

1.2.1.2 Zweirohr-Heizkörperheizungssystem – Stränge mit Heizkörper-Thermostatventilen (ohne Voreinstellung) 21

1.2.1.3 Druckunabhängige Regelung für Heizkörperheizungssystem 22

1.2.1.4 Untergeordnete Stränge (Treppe, Bad usw.) in Zwei- oder Einrohrheizkörpersystem ohne Thermostatventil 23

1.2.1.5 Δp-Regelung für Verteiler mit individueller Zonen-/Kreisregelung 24

1.2.1.6 Δp-Regelung und Durchflussbegrenzung für Verteiler mit zentraler Zonenregelung 25

### 1.2.2 Wohnbau – Einrohr-Heizkörpersystems

1.2.2.1 Renovierung eines Einrohr-Heizkörpersystems mit automatischer Durchflussbegrenzung und möglicher selbsttätiger Rücklauftemperaturbegrenzung 26

1.2.2.2 Renovierung eines Einrohr-Heizkörpersystems mit elektronischer Durchflussbegrenzung und Rücklauftemperaturregelung 27

1.2.2.3 Renovierung eines Einrohr-Heizkörpersystems mit manuellem Abgleich 28

1.2.2.4 Horizontale Einrohr-Heizungssysteme mit Heizkörper-Thermostatventilen, Durchflussbegrenzung und selbsttätiger Rücklauftemperaturbegrenzung 29

### 1.2.3 Wohnbau – Heizung – Wohnungsstation

1.2.3.1 Wohnungsstation im 3-Rohr-System; Δp-geregelte Heizung und lokale Warmwasserbereitung 30

## 2. Mischkreis

2.1 Mischen mit PICV – Verteiler mit Differenzdruck 31
2.2 Einspritzung (konstanter Durchfluss) mit 3-Wegeventil 32
2.3 Mischen mit 3-Wegeventil – Verteiler ohne Differenzdruck (drucklos) 33

**3. Klimageräte Anwendungen**

**3.1 Klimageräte Anwendungen – Heizung**

3.1.1 Druckunabhängiges Regelventil (PICV) für die Kühlung 34
3.1.2 3-Wegeventil-Regelung für die Kühlung 35

**3.2 Klimageräte Anwendungen – Kühlung**

3.2.1 Druckunabhängiges Regelventil (PICV) für die Heizung 36
3.2.2 3-Wegeventilregelung zum Heizen 37
3.2.3 Halten Sie im Teillastzustand die ordnungsgemäße Vorlauftemperatur vor dem Klimagerät (AHU) 38

**4. Kühler Anwendungen**

4.1 Variabler Primärdurchfluss 39
4.2 Konstanter Primärkreislauf und variabler Sekundärkreislauf (Stufenweise Primär) 40
4.3 Konstanter Primärkreislauf und variabler Sekundärkreislauf (Primär Sekundär) 41
4.4 Konstanter Primär- und Sekundärkreislauf (System mit konstantem Durchfluss) 42
4.5 Fernkühlsystem 43

**5. Kessel Anwendungen**

5.1 Brennwertkessel, variabler Primärdurchfluss 44
5.2 Traditionelle Kessel, variabler Primärdurchfluss 45
5.3 System mit Verteilern und Entkopplern 46

**6. Warmwasser**

6.1 Thermischer Abgleich in Warmwasserzirkulations-Systemen (vertikale Anordnung) 47
6.2 Thermischer Abgleich in Warmwasserzirkulations-Systemen (horizontale Anordnung) 48
6.3 Thermischer Abgleich in Warmwasserzirkulations-Systemen mit selbsttätiger Desinfektion 49
6.4 Thermischer Abgleich in Warmwasserzirkulations-Systemen mit elektronischer Desinfektion 50
6.5 TWW*-Zirkulationsregelung mit manuellem Abgleich 51

**7. Glossar und Abkürzungen** 54
**8. Regelung und Ventil-Theorie** 56
**9. Energieeffizienzanalysen** 65
**10. Produktübersicht** 75

# Hydraulische Anwendungen – Zweckbau

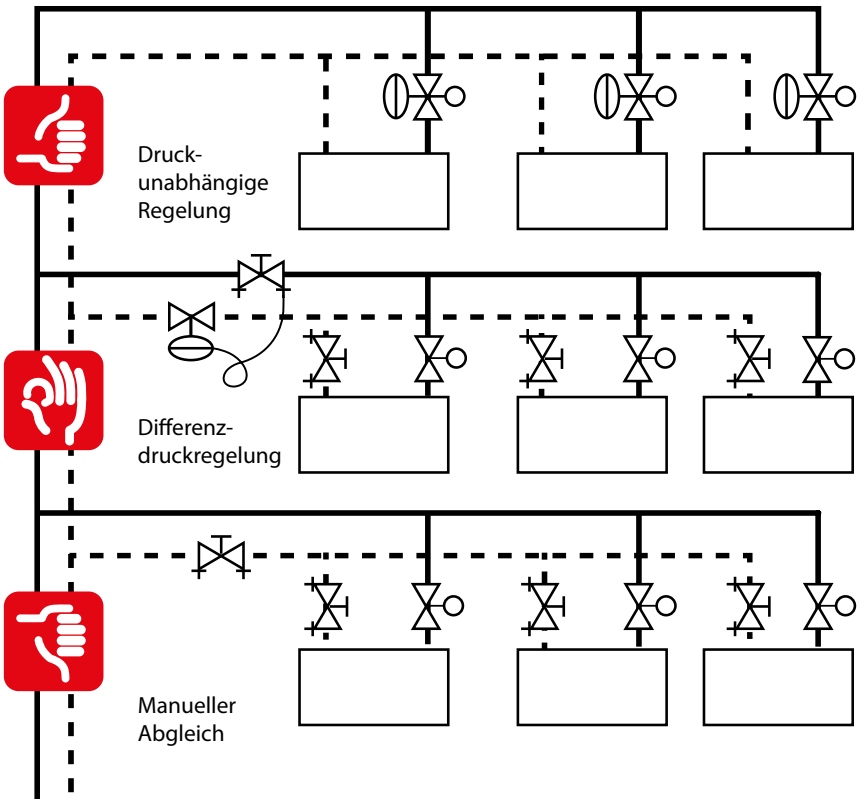
## Systeme mit variablem Durchfluss*

# 1.1.1.1 – 1.1.1.6**

Hydraulische Anwendungen können anhand von vielen verschiedenen Arten von Lösungen geregelt und abgeglichen werden. Es ist unmöglich, die beste Lösung für alle Anwendungen zu finden.

Wir müssen jedes System und seine spezifischen Aspekte berücksichtigen, um zu entscheiden, welche Art von Lösung am effizientesten und am besten geeignet ist.

Alle Anwendungen mit Regelventilen sind Systeme mit variablem Durchfluss*. Die Berechnung erfolgt im Allgemeinen anhand der Nennparameter, aber während des Betriebs ändert sich der Durchfluss in jedem Teil des Systems (Regelventile arbeiten). Änderungen des Durchflusses führen zu Änderungen des Drucks. Aus diesem Grund müssen wir in diesem Fall eine Abgleichslösung verwenden, die es ermöglicht, auf Änderungen der Teillast zu reagieren.




Die Bewertung von Systemen (Empfohlen/Akzeptabel/Nicht empfohlen) basiert hauptsächlich auf der Kombination von vier der auf Seite 3 genannten Aspekte (Kapitalrendite/Design/Betrieb-Wartung/Regelung). Die wichtigsten Faktoren sind jedoch die Systemleistung und -effizienz.

Bei der vorstehenden Anwendung wird das System mit manuellem Abgleich als „Nicht empfohlen" eingestuft, da die statischen Elemente nicht in der Lage sind, dem dynamischen Verhalten des Systems mit variablem Durchfluss* zu folgen, und während des Teillastzustands eine erhebliche Überversorgung an den Regelventilen (aufgrund eines geringeren Druckabfalls im Rohrnetzwerk) auftritt.

Das differenzdruckgeregelte System funktioniert viel besser („Akzeptabel"), da sich die Druckstabilisierung näher an den Regelventilen befindet und das Phänomen der Überversogung gemindert wird, auch wenn nach wie vor ein System mit manuellem Abgleich innerhalb des dp-Regelkreises vorliegt. Die Effizienz eines solchen Systems hängt von der Position des Differenzdruckregelventils ab. Je näher es am Regelventil liegt, desto besser funktioniert es.

Das effizienteste System („Empfohlen") ist die Verwendung von druckunabhängigen Regelventilen (PICV). In diesem Fall befindet sich die Druckstabilisierung direkt am Regelventil, sodass eine konstant hohe Ventilautorität* vorliegt und alle unnötigen Durchflüsse aus dem System eliminiert werden können.

## Anhänge



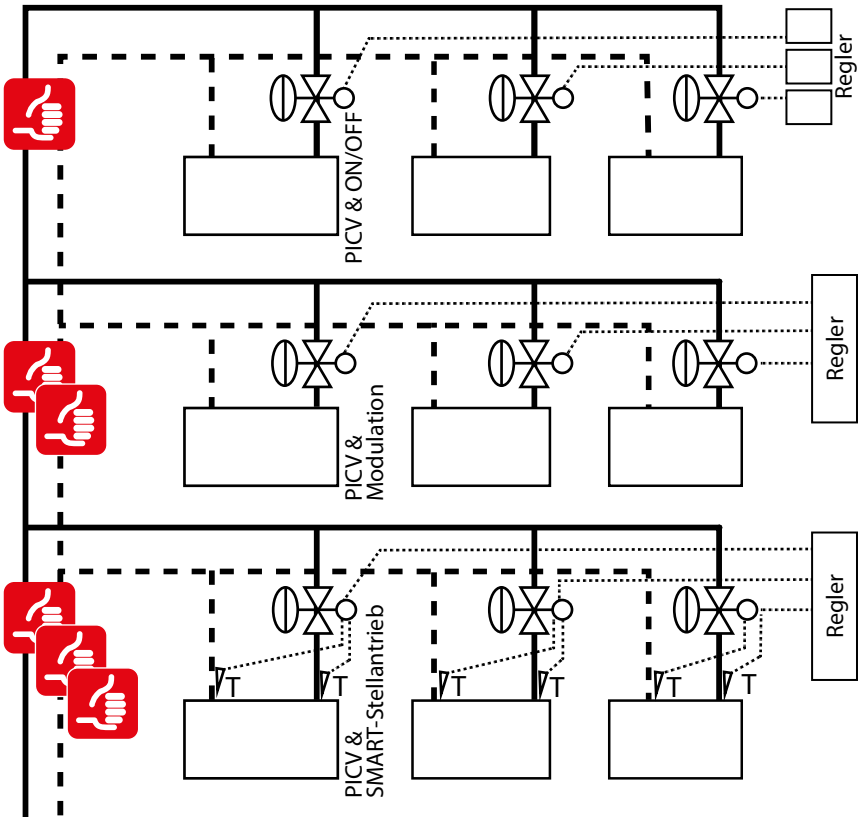
* siehe Seite 54–55
** nachstehend aufgeführte Anwendungen

## System mit variablem Durchfluss*: PICV – EIN/AUS vs. modulierende Regelung vs. intelligente Regelung

# 1.1.1.1 – 1.1.1.3**

Alle diese Anwendungen basieren auf der PICV-Technologie (druckunabhängiges Regelventil). Dies bedeutet, dass das Regelventil (im Ventilkörper integriert) sowohl unter Voll- als auch unter Teillastbedingungen unabhängig von Druckschwankungen im System bleibt. Diese Lösung ermöglicht die Verwendung verschiedener Arten von Stellantrieben (Regelungsmethode)

- Bei EIN/AUS-Regelung hat der Stellantrieb zwei Positionen, offen und geschlossen
- Bei der modulierenden Regelung kann der Stellantrieb einen beliebigen Durchfluss zwischen Nenn- und Nullwert einstellen
- Mit dem SMART-Stellantrieb kann (über die modulierende Regelung hinaus) eine direkte Konnektivität zum Gebäudeleitsystem (BMS) sichergestellt werden, um erweiterte Funktionen wie Energieverteilung, Energiemanagement usw. zu nutzen.




Die PICV-Technologie ermöglicht den Einsatz der proportionalen oder Schlechtpunkt-Pumpenregelung (basierend auf dem Δp-Fühler)

Die vorstehend aufgeführten Regelungsarten wirken sich erheblich auf den Gesamtenergieverbrauch von Systemen aus.

Während mit der EIN/AUS-Regelung während des Betriebs entweder ein Durchfluss von 100 % oder 0 sichergestellt wird, ermöglicht die modulierende Regelung, die Durchflussrate an der Endeinheit entsprechend dem tatsächlichen Bedarf zu minimieren. Zum Beispiel wird bei einem gleichen durchschnittlichen Energiebedarf von 50 % etwa 1/3 der Durchflussmenge zur modulierenden Regelung im Vergleich zur EIN/AUS-Regelung benötigt. (Weitere Einzelheiten sind Kapitel 9 zu entnehmen)

Die niedrigere Durchflussmenge trägt auf mehreren Ebenen zur Energieeinsparung* bei:

- Geringere Umwälzkosten (weniger Durchfluss benötigt weniger elektrische Energie)
- Verbesserte Kühler-/Kesseleffizienz (weniger Durchfluss sorgt für ein größeres ΔT im System)
- Eine geringere Raumtemperaturschwankung* sorgt für besseren Komfort und legt den Raumtemperatursollwert fest

Die SMART-Regelung ermöglicht es über die vorstehend genannten Vorteile hinaus, die Wartungskosten durch Fernzugriff und vorausschauende Wartung zu senken.

## Anhänge

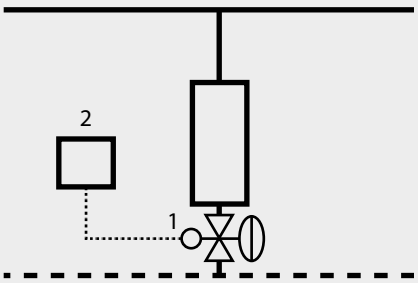
* siehe Seite 54–55
** nachstehend aufgeführte Anwendungen

Empfohlen

# 1.1.1.1

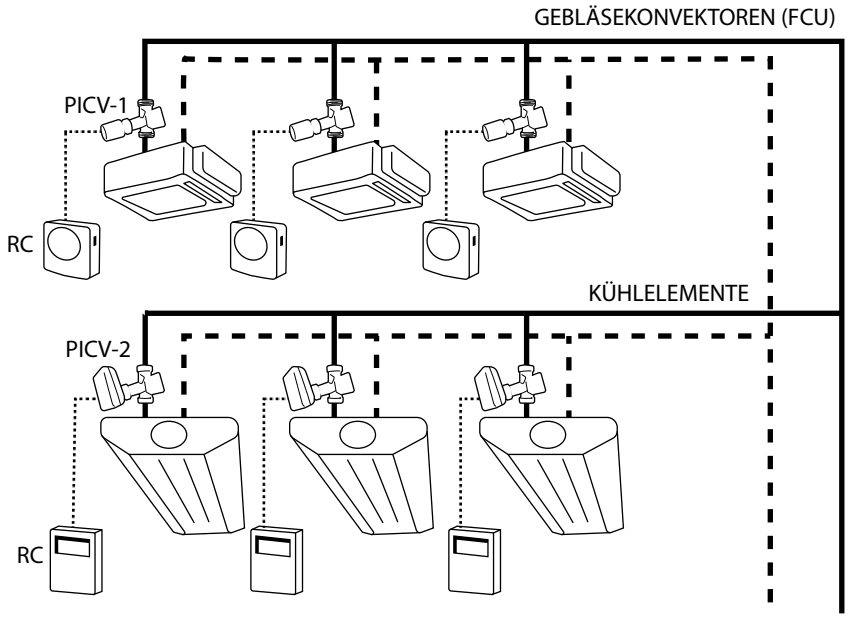
*Heating* ☑ *Cooling* ☑

## Variabler Durchfluss: Druckunabhängige Regelung (PICV) mit EIN/AUS-Stellantrieb




1. Druckunabhängiges Regelventil (PICV)
2. Raumtemperaturregelung (RC)

Abgleich des Endgeräts durch druckunabhängige Ventile. Dies gewährleistet den richtigen Durchfluss bei allen Systemlasten, unabhängig von Druckschwankungen. Die EIN/AUS-Regelung führt zu Schwankungen der Raumtemperatur. Das System arbeitet nicht optimal, da ΔT nicht optimiert ist.




***Danfoss-Produkte:***

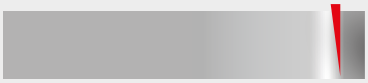
PICV-1: AB-QM 4.0 + TWA-Q

PICV-2: AB-QM 4.0 + AMI 140

## Leistung

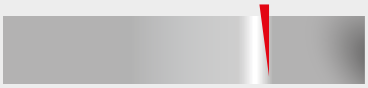
**Kapitalrendite**

**Design**




**Betrieb/Wartung**

**Regelung**




## Erklärung

### Kapitalrendite

- Reduzierung von Komponenten, da keine Strangventile erforderlich
- Geringere Installationskosten dank vereinfachter Installation
- Kühler und Kessel arbeiten effizient, aber nicht optimal, da ΔT nicht optimiert ist
- Die Übergabe des Gebäudes kann problemlos in Phasen erfolgen

### Design

- Einfache Auswahl der Ventile nur anhand der Durchflussanforderungen
- Keine Kv- oder Autoritätsberechnungen* erforderlich. Die Berechnung basiert auf dem Durchflussbedarf
- Perfekter Abgleich bei allen Lasten
- Die proportionale Pumpenregelung ist anwendbar und die Pumpe(n) können leicht optimiert* werden
- Für die Berechnung der Pumpenförderhöhe kann der minimale verfügbare Δp-Bedarf am Ventil herangezogen werden

### Betrieb/Wartung

- Vereinfachte Konstruktion durch Reduzierung der Komponenten
- Eine einmalige Einstellung genügt – keine komplizierten Abgleichverfahren
- Schwankende Raumtemperatur, sodass einige Mieterbeschwerden zu erwarten sind
- Niedrige Betriebs- und Instandhaltungskosten, sodass Mieter möglicherweise Komforteinbußen hinnehmen müssen
- Gute, aber reduzierte Effizienz in Kühlern, Kesseln und Pumpen aufgrund eines nicht optimierten ΔT im System

### Regelung

- Temperaturschwankungen*
- Keine Überversorgung*
- Druckunabhängige Lösung, sodass Druckänderungen keine Auswirkungen auf die Regelkreise haben
- Eine geringe Temperaturspreizung (ΔT)* ist unwahrscheinlich

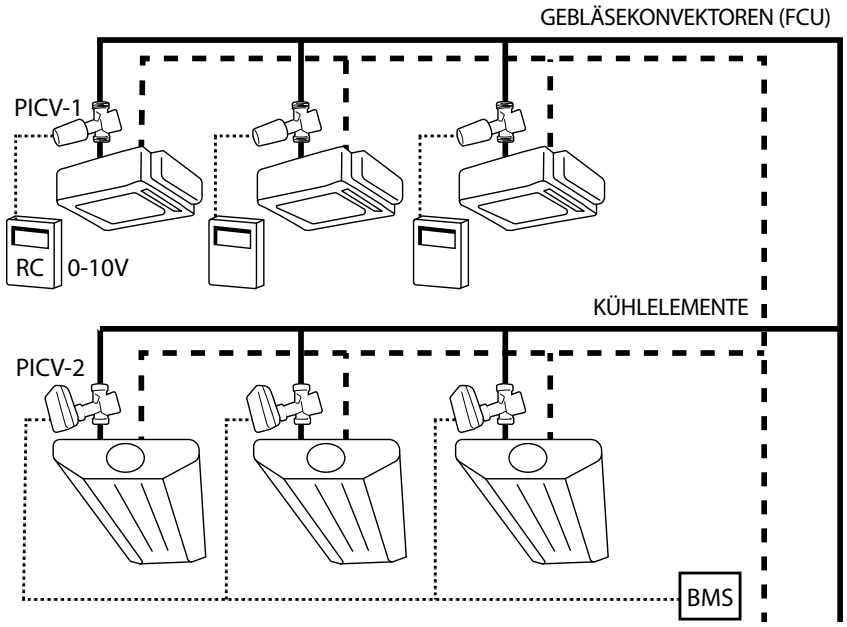
* siehe Seite 54–55

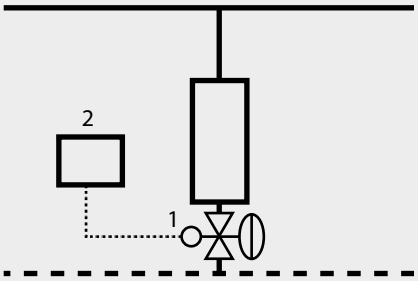
*Heating* ☑ *Cooling* ☑

# Variabler Durchfluss: Druckunabhängige Regelung (PICV) mit Proportionalregelung

Empfohlen

1.1.1.2




1. Druckunabhängiges Regelventil (PICV)
2. Gebäudeleitsystem (BMS) oder Raumtemperaturregelung (RC)

Die Temperaturregelung des Endgeräts wird durch druckunabhängige Ventile sichergestellt. Dies gewährleistet den richtigen Durchfluss bei allen Systemlasten, unabhängig von Druckschwankungen. Das Ergebnis ist eine stabile* und präzise Raumtemperaturregelung, um ein hohes ΔT sicherzustellen und ein Schwingen der Stellantriebe zu verhindern.

Anwendbar für alle Endgeräte, einschließlich Klimageräte (AHU) (siehe Seite 34, 36)

***Danfoss-Produkte:***

PICV-1: AB-QM 4.0 + ABNM A5

PICV-2: AB-QM 4.0 + AME 110 NL

## Erklärung

### Kapitalrendite
- Reduzierung von Komponenten, da keine Strangventile erforderlich
- Geringere Installationskosten dank vereinfachter Installation
- Deutliche Energieeinsparungen* aufgrund optimaler Arbeitsbedingungen für alle Komponenten
- Die Übergabe des Gebäudes kann problemlos in Phasen erfolgen

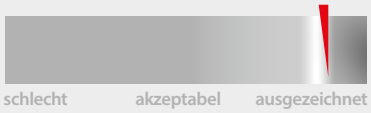
### Design
- Einfache Auswahl der Ventile nur anhand der Durchflussanforderungen
- Keine Kv- oder Autoritätsberechnungen* erforderlich. Die Berechnung der Durchflussvoreinstellung basiert auf dem Durchflussbedarf
- Die proportionale Pumpenregelung ist anwendbar. Die Pumpe(n) können einfach optimiert werden*
- Geeignet für BMS-Anwendungen zur Überwachung des Systems und zur Senkung des Energieverbrauchs

### Betrieb/Wartung
- Vereinfachte Konstruktion durch Reduzierung der Komponenten
- Eine einmalige Einstellung genügt – keine komplizierten Abgleichverfahren
- Gute Regelung bei allen Lasten, daher keine Mieterbeschwerden
- Geringe Betriebs- und Instandhaltungskosten
- Hoher Komfort (Gebäudeklassifizierung*) durch präzise Durchflussregelung bei allen Lasten
- Hohe Effizienz in Kühlern, Kesseln und Pumpen aufgrund des optimierten ΔT im System

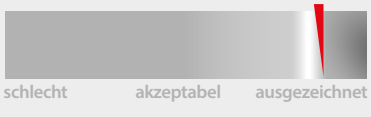
### Regelung
- Perfekte Regelung durch volle Ventilautorität*
- Keine Überversorgung* bei System-Teillast
- Die Proportionalregelung minimiert die Durchflüsse und optimiert die Pumpenförderhöhe
- Druckunabhängige Lösung, daher keine Druckabhängigkeit der Regelkreise
- Keine geringe Temperaturspreizung (ΔT)*

## Leistung

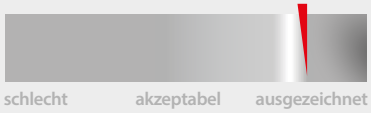
**Kapitalrendite**



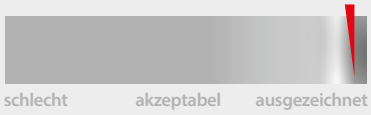

**Design**




**Betrieb/Wartung**




**Regelung**



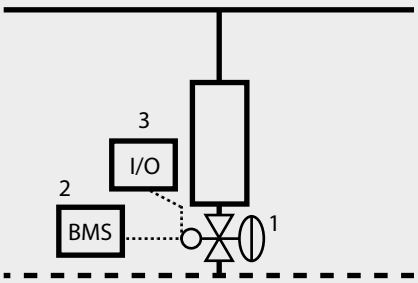

* siehe Seite 54–55

Empfohlen

# 1.1.1.3

*Heating* ☑ *Cooling* ☑

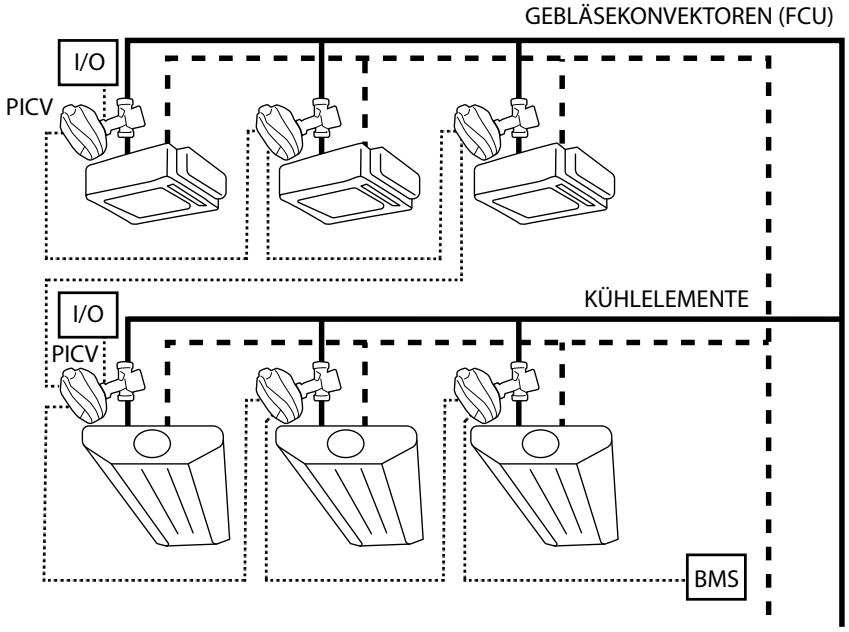
## Variabler Durchfluss: Druckunabhängige Regelung (PICV) mit digitalem Stellantrieb




1. Druckunabhängiges Regelventil (PICV)
2. Gebäudeleitsystem (BMS)
3. Digitaler oder Analoger Eingang/ Ausgang (I/O)

Die Temperaturregelung des Endgeräts wird durch druckunabhängige Ventile sichergestellt. Dies gewährleistet den richtigen Durchfluss bei allen Systemlasten, unabhängig von Druckschwankungen. Das Ergebnis ist eine stabile und präzise Raumtemperaturregelung, um ein hohes ΔT sicherzustellen und ein Schwingen der Stellantriebe zu verhindern. Die zusätzlichen Funktionen digitaler, vernetzter Stellantriebe ermöglichen eine bessere Systemüberwachung und senken die Wartungskosten.

Anwendbar für alle Endgeräte, einschließlich Klimageräte (AHU) (siehe Seite 34, 36)

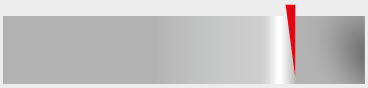



***Danfoss-Produkte:***

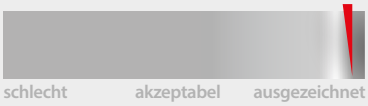
PICV: AB-QM 4.0 + NovoCon® S.

## Leistung

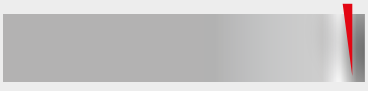
**Kapitalrendite**



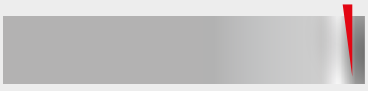

**Design**




**Betrieb/Wartung**




**Regelung**




## Erklärung

### Kapitalrendite

- Reduzierung von Komponenten, da keine Strangventile erforderlich
- Geringere Installationskosten dank vereinfachter Installation
- Deutliche Energieeinsparungen* aufgrund optimaler Arbeitsbedingungen für alle Komponenten
- Die höheren Kosten für den SMART-Stellantrieb können durch Hardwareeinsparungen wie eine reduzierte Anzahl zusätzlicher I/O-Geräte ausgeglichen werden
- Hohe Mieterzufriedenheit durch perfekten Abgleich und Regelung, erweitert durch vorausschauende Wartung und proaktive Alarmfunktionen

### Design

- Einfache Auswahl der Ventile nur anhand der Durchflussanforderungen
- Keine Kv- oder Autoritätsberechnungen* erforderlich. Die Berechnung der Durchflussvoreinstellung basiert auf dem Durchflussbedarf
- Die proportionale Pumpenregelung ist anwendbar. Die Pumpe(n) können einfach optimiert werden*
- Geeignet für BMS-Anwendungen zur Überwachung des Systems und zur Senkung des Energieverbrauchs
- Eine breite Palette möglicher angeschlossener I/O-Geräte gewährleistet eine große Anzahl von BMS-Varianten

### Betrieb/Wartung

- Das vollständige Inbetriebnahmeverfahren kann über BMS durchgeführt werden, um für weniger Komplexität und eine hohe Flexibilität zu sorgen
- Niedrige Betriebs- und Instandhaltungskosten, da der Systemzustand über BMS überwacht und aufrechterhalten werden kann.
- Hoher Komfort (Gebäudeklassifizierung) durch präzise Durchflussregelung bei allen Lasten
- Hohe Effizienz in Kühlern, Kesseln und Pumpen aufgrund des optimierten ΔT im System
- Flexibles und erweiterbares Regelungssystem durch BMS-Konnektivität

### Regelung

- Keine Überversorgung bei System-Teillast
- Perfekte Regelung durch volle Ventilautorität*
- Die Proportionalregelung minimiert die Durchflüsse und optimiert die Pumpenförderhöhe
- Druckunabhängige Lösung, sodass Druckänderungen keine Auswirkungen auf die Regelkreise haben
- Keine geringe Temperaturspreizung (ΔT)*

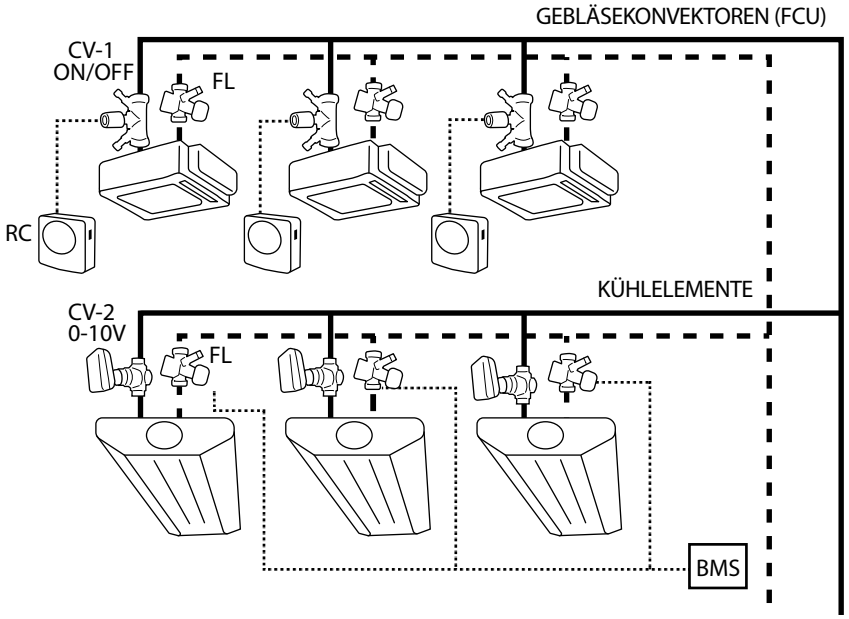
* siehe Seite 54–55

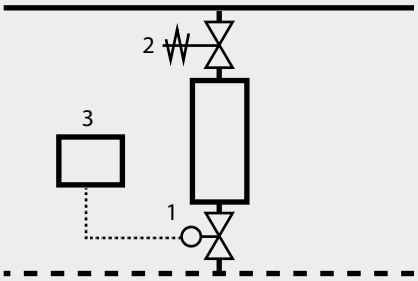
*Heating* ☑ *Cooling* ☑

# Variabler Durchfluss: Durchflussbegrenzung (mit Durchflussbegrenzer) am Endgerät mit EIN/AUS oder modularem Stellantrieb

Nicht empfohlen

1.1.1.4




1. 2-Wege-Regelventil (CV)
2. Durchflussbegrenzer (FL)
3. Gebäudeleitsystem (BMS) oder Raumtemperaturregelung (RC)

Die Temperaturregelung des Endgeräts erfolgt über herkömmliche motorisierte Regelventile (CV), während der hydraulische Abgleich im System über einen automatischen Durchflussbegrenzer (FL) realisiert wird.
Für die EIN/AUS-Regelung könnte dies eine akzeptable Lösung sein, vorausgesetzt, die Pumpenförderhöhe ist nicht zu hoch.
Für die modulierende Regelung ist dies nicht akzeptabel. Der FL wirkt den Aktionen des CV entgegen und führt zu einer vollständigen Verzerrung der Regelkennlinie. Daher ist eine Modulation mit diesen Lösungen unmöglich.

***Danfoss-Produkte:***

CV-1: RA-HC + TWA-A

CV-2: VZ2 + AME130

FL: AB-QM

## Erklärung

### Kapitalrendite
- Relativ hohe Produktkosten durch 2 Ventile für alle Endgeräte (ein Regelventil (CV) + Durchflussbegrenzer (FL))
- Höhere Installationskosten, obwohl keine manuellen Partnerventile* erforderlich sind
- Eine Pumpe mit variabler Drehzahl wird empfohlen (proportionale Pumpenregelung ist möglich)

### Design
- Es ist eine traditionelle Berechnung erforderlich, jedoch nur der Kvs des Regelventils. Es ist nicht erforderlich, die Ventilautorität* zu berechnen, da der Durchflussbegrenzer die Regelventil-Autorität wegnimmt
- Für die EIN/AUS-Regelung ist dies eine akzeptable Lösung (einfaches Design: großer Kvs des Zonenventils, Durchflussbegrenzer anhand des Durchflussbedarfs ausgewählt)
- Aufgrund der beiden Ventile ist eine hohe Pumpenförderhöhe erforderlich (zusätzliches Δp am Durchflussbegrenzer)

### Betrieb/Wartung
- Die Schließkraft des Stellantriebs sollte in der Lage sein, das Ventil bei minimalem Durchfluss gegen die Pumpenförderhöhe zu schließen
- Die meisten Durchflussbegrenzer haben einen vorgegebenen Durchfluss, eine Einstellung ist nicht möglich.
- Zum Spülen müssen die Kartuschen aus dem System entfernt und anschließend wieder eingesetzt werden (System zweimal entleeren und füllen)
- Kartuschen haben kleine Öffnungen und verstopfen leicht
- Wenn eine Modulation versucht wird, ist die Lebensdauer des Regelventils aufgrund des Aufschwingens bei System-Teillast sehr kurz
- Hoher Energieverbrauch mit Modulationsregelung durch höhere Pumpenförderhöhe und Überversorgung an Endgeräten bei Teillast

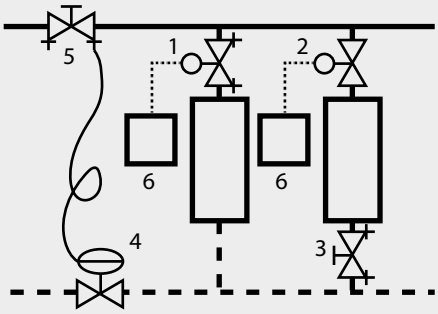
### Regelung
- Temperaturschwankungen durch EIN/AUS-Regelung, auch bei modulierenden Stellantrieben*
- Keine Überversorgung*
- Keine Druckabhängigkeit der Regelkreise
- Überversorgung während Teillast beim Modulieren, da der Durchflussbegrenzer den maximalen Durchfluss nach Möglichkeit beibehält

* siehe Seite 54–55

## Leistung

# Akzeptabel

# 1.1.1.5



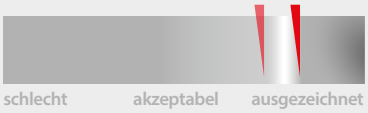

1. Zonenregelventil (mit Voreinstellung) (CV)
2. Zonenregelventil (keine Voreinstellung) (CV)
3. Manuelles Abgleichventil (MBV)
4. Δp-Regler (DPCV)
5. Partnerventil*
6. Gebäudeleitsystem (BMS) oder Raumtemperaturregelung (RC)

Die Temperaturregelung am Endgerät erfolgt über herkömmliche motorisierte Regelventile (CV). Der hydraulische Abgleich wird durch Differenzdruckregler (DPCV) an den Strängen und manuelle Strangventile (MBV) am Endgerät erzielt. Wenn das CV mit einer Voreinstellungsoption versehen ist, ist das MBV überflüssig.

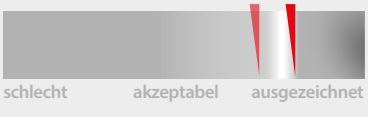
So wird gewährleistet, dass unabhängig von Druckschwankungen im Verteilungsnetz der richtige Druck und Durchfluss im druckgesteuerten Bereich vorliegt.

## Leistung

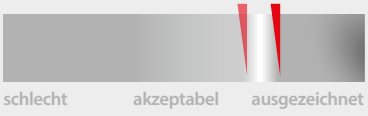
**Kapitalrendite**



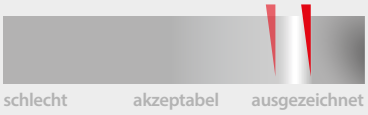

**Design**




**Betrieb/Wartung**




**Regelung**

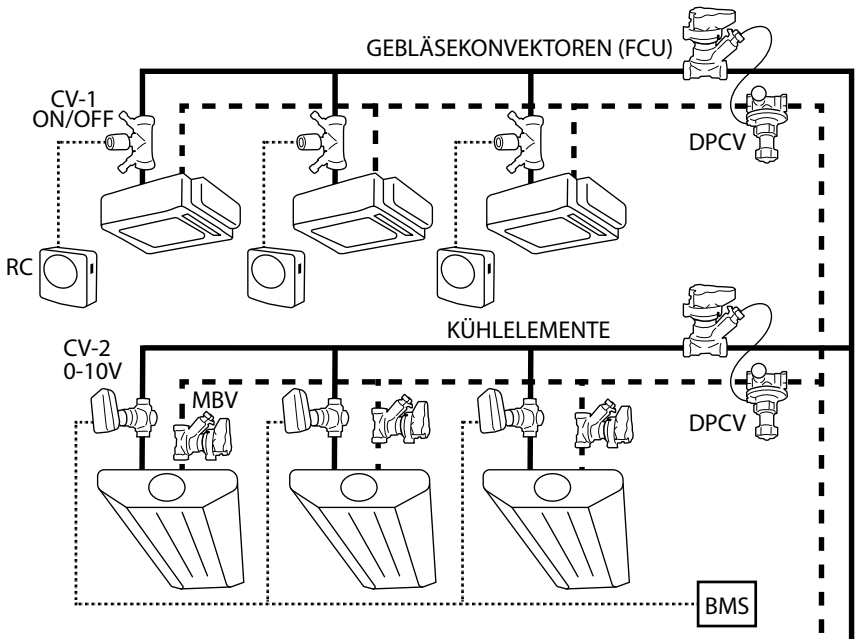



3-Punkt oder Proportionalregelung

EIN/AUS-Regelung

*Heating* ☑ *Cooling* ☑

# Variabler Durchfluss: Differenzdruckregelung mit EIN/AUS oder Modulation




***Danfoss-Produkte:***

CV-1: RA-HC +TWA-A | CV-2: VZ2 + AME130 | Manuelle Strangventile: MSV-BD | DPCV: ASV-PV+ASV-BD

## Erklärung

### Kapitalrendite

- Erfordert Δp-Regler und Partnerventile*
- Für jedes Endgerät sind manuelle Strangventile (MBV) oder ein voreinstellbares Regelventil (CV) erforderlich
- Kühlsysteme erfordern möglicherweise große und teure Δp-Regler (Flanschausführung)
- Gute Energieeffizienz, da bei Teillast nur begrenzte Überversorgung* auftritt

### Design

- Vereinfachtes Design, da die Stränge druckunabhängig sind
- Kv-Berechnung für Δp-Regler und Regelventil erforderlich. Eine Berechnung der Ventilautorität* ist für die modulierende Regelung ebenfalls erforderlich
- Für die ordnungsgemäße Wasserverteilung innerhalb des Strangs ist eine Berechnung der Voreinstellung für Endgeräte erforderlich
- Die Einstellung für den Δp-Regler muss berechnet werden
- Eine Pumpe mit variabler Drehzahl wird empfohlen

### Betrieb/Wartung

- Weitere zu installierende Bauteile umfassen den Impulsleitungsanschluss zwischen Δp- und Partnerventil*
- Vereinfachte Inbetriebnahme*, da die Stränge druckunabhängig sind
- Der Abgleich an den Endgeräten ist weiterhin erforderlich, obwohl der Vorgang durch einen Δp-geregelten Strang vereinfacht wird
- Eine phasenweise Inbetriebnahme ist möglich (Strang für Strang)

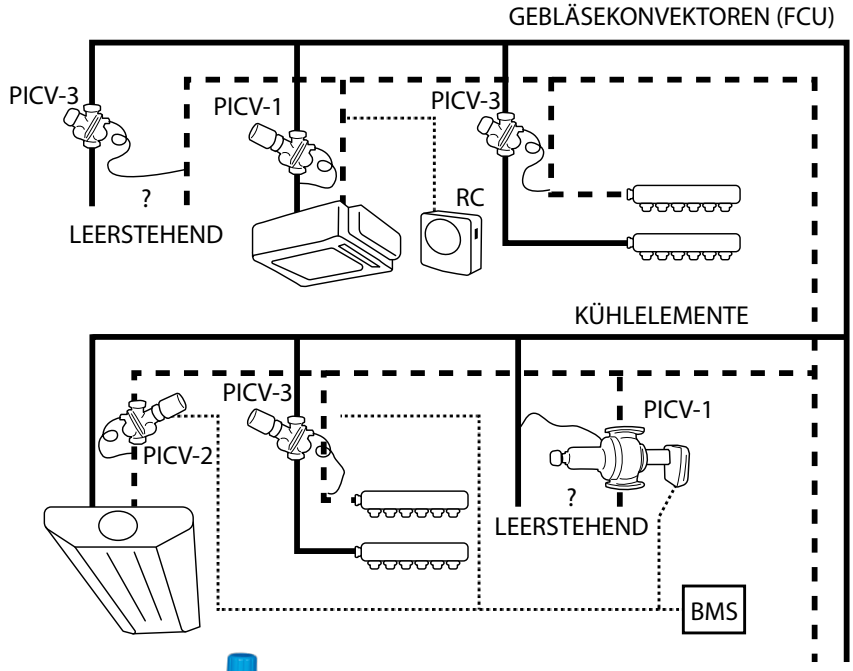
### Regelung

- Im Allgemeinen akzeptable bis gute Regelbarkeit
- Druckschwankungen, die die Regelbarkeit beeinträchtigen, können bei langen Strängen und/oder großen Δp an Endgeräten auftreten
- Je nach Größe des Strangs kann es durch Überversorgung weiterhin zu Schwankungen der Raumtemperatur führen
- Bei Verwendung der Durchflussbegrenzung am Partnerventil*, das an den Δp-Regler (nicht an den Endgeräten) angeschlossen ist, sind eine Überversorgung und eine stärkere Schwankung der Raumtemperatur* zu erwarten

* siehe Seite 54–55

*Heating* ☑ *Cooling* ☑

# Variabler Durchfluss: Flexible Lösungen für Rohbau-Installationen bei Bürogebäuden und Einkaufszentren*




***Danfoss-Produkte:***

PICV-1: AB-PM+AME435QM

PICV-2 & PICV-3: AB-PM + TWA-Q

## Erklärung

### Kapitalrendite
- Nur ein Ventil erforderlich
- Ein Stellantrieb für Zonen- oder Durchflussregelung
- Eine Pumpe mit variabler Drehzahl wird empfohlen (proportionale Pumpenregelung ist möglich)

### Design
- Keine Kvs-Berechnung oder Berechnung der Ventilautorität* erforderlich.
- Es ist nur die Berechnung der Voreinstellung anhand des Durchflussbedarfs und Δp-Bedarfs des Kreises erforderlich
- Für den Anlagenabschnitt (spätere Installationsphase) stehen die einstellbaren Parameter zur Verfügung

### Betrieb/Wartung
- Zuverlässige Lösung für den Anschluss bei Ladengeschäften oder Stockwerke
- Die Durchflusseinstellung kann anhand von Messungen an den Messnippeln des Ventils erfolgen
- Die zentrale Verteilung ist immer richtig abgeglichen und unabhängig von Fehlern bei der Dimensionierung auf Mieterseite
- Änderungen im Anlagenabschnitt eines Systembereiches haben keinen Einfluss auf andere Geschäfte oder Stockwerke
- Einfache Fehlerbehebung, Energieverteilung, Energiemanagement usw. mit NovoCon

### Regelung
- Stabile Druckdifferenz für Geschäfte oder Stockwerke
- Wird nur die Durchflussbegrenzung verwendet, können bei Teillast kleine Überversorgungen innerhalb des Kreises auftreten
- Der Stellantrieb am Ventil (falls vorhanden) gewährleistet entweder eine Zonenregelung (Δp-Regelungsanwendung) oder eine Durchflussregelung (Durchflussregelungsanwendung)

---

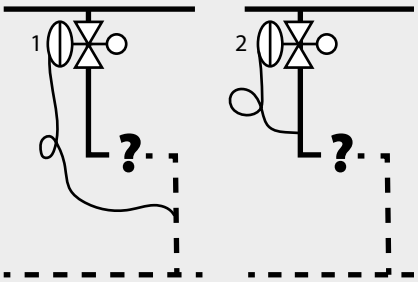
** Es können zwei verschiedene Ansätze gewählt werden:

1. Durchfluss- und ΔP-Begrenzung. Hier begrenzt das Ventil sowohl ΔP als auch den Durchfluss.
2. Nur Durchflussbegrenzung. Dies erfordert zusätzliche Zonenregelungen und Abgleich für die Endgeräte.

* siehe Seite 54–55

Empfohlen

1.1.1.6



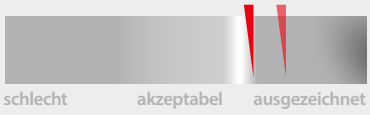

1. Kombiniertes automatisches Strangventil als Δp-Regler (PICV 1)
2. Kombiniertes automatisches Strangventil als Durchflussregler (PICV 2)

Diese Anwendung ist speziell für Situationen nützlich, in denen das System in zwei Phasen von verschiedenen Auftragnehmern erstellt wird. Die erste Phase betrifft in der Regel die zentrale Infrastruktur wie Kessel, Kühler und Transportleitungen, während der zweite Teil die Endgeräte und Raumthermostate umfasst.

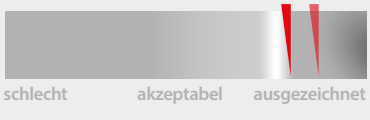
Dies ist häufig in Einkaufszentren der Fall, in denen die einzelnen Geschäfte ihren eigenen Auftragnehmer für die Installation des Ladengeschäfts einsetzen, oder in nach dem Rohbau-Prinzip errichteten Bürogebäuden, in denen der Mieter einer Büroetage seinen eigenen Raum einschließlich der HVAC-Anlage ausstattet.

## Leistung

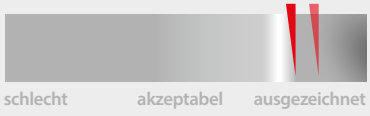
**Kapitalrendite**



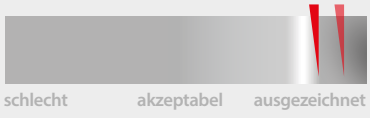

**Design**




**Betrieb/Wartung**




**Regelung**




Δp-Regelungs-anwendung

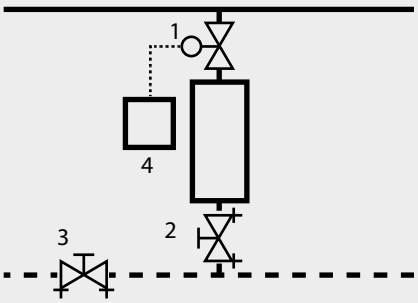
Durchflussregelungs-anwendung

Nicht empfohlen

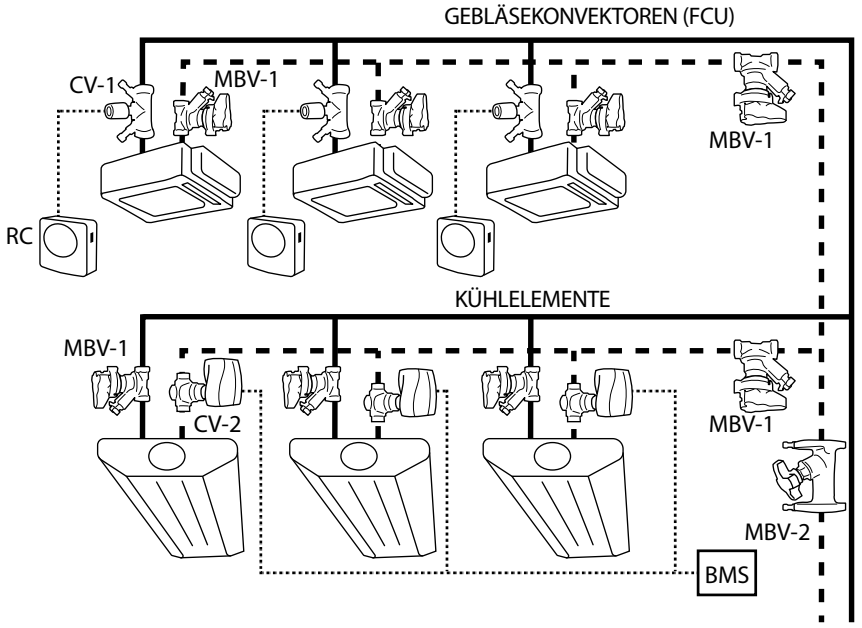
# 1.1.1.7

*Heating* ☑ *Cooling* ☑

## Variabler Durchfluss: Manueller Abgleich




1. 2-Wege-Regelventil (CV)
2. Manuelles Abgleichventil (MBV)
3. Partnerventil* (MBV)
4. Gebäudeleitsystem (BMS) oder Raumtemperaturregelung (RC)




Die Endgeräte werden von herkömmlichen motorisierten Regelventilen gesteuert, und der hydraulische Abgleich wird durch ein manuelles Strangventil erzielt. Aufgrund der statischen Natur sorgt das MBV nur bei voller Systemlast für einen hydraulischen Abgleich. Bei Teillast sind in den Endgeräten Unter- und Überversorgungen zu erwarten, die einen übermäßigen Energieverbrauch sowie zu kalte oder zu warme Problembereiche im System verursachen.

*Danfoss-Produkte:*

CV-1: RA-HC +TWA-A

CV-2: VZ2 + AME130

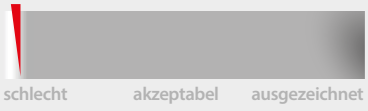
MBV-1: MSV-BD

MBV-2: MSV-F2

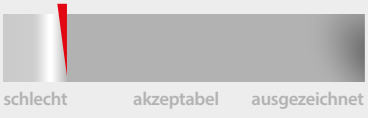
## Leistung

**Kapitalrendite**

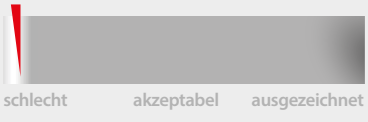
**Design**




**Betrieb/Wartung**




**Regelung**




## Erklärung

### Kapitalrendite

- Es werden viele Komponenten benötigt: 2 Ventile pro Endgerät und zusätzliche Strangventile für die Einregulierung*
- Erhöhte Installationskosten aufgrund vieler Ventile
- Ein komplexes Inbetriebnahmeverfahren ist erforderlich, was das Risiko einer Verzögerung erhöht
- Eine Pumpe mit variabler Drehzahl mit konstanter Δp-Funktion wird empfohlen

### Design

- Eine präzise Dimensionierung ist erforderlich (Kv-Wert, Ventilautorität*)
- Autoritätsberechnungen* sind für eine akzeptable modulierende Regelung von entscheidender Bedeutung
- Aufgrund der richtigen Position für den Druck wird eine konstante Δp-Pumpenregelung empfohlen
- Bei Teillast lässt sich das Systemverhalten unmöglich voraussagen

### Betrieb/Wartung

- Kompliziertes Inbetriebnahmeverfahren, das nur von qualifiziertem Personal durchgeführt werden kann
- Der Einregulierungsvorgang kann erst am Ende des Projekts bei voller Auslastung des Systems und ausreichendem Zugang zu allen Strangventilen gestartet werden
- Hohe Reklamationskosten aufgrund von Abgleichproblemen, Lärm und ungenauer Regelung bei Teillast
- In regelmäßigen Abständen sowie bei Systemänderungen ist ein erneuter Abgleich erforderlich
- Hohe Pumpkosten* aufgrund von Überversorgung bei Teillast

### Regelung

- Die gegenseitige Abhängigkeit der Regelkreise führt zu Druckschwankungen, die die Stabilität und Genauigkeit der Regelung beeinträchtigen
- Die erzeugte Überversorgung verringert die Systemeffizienz (hohe Pumpkosten*, geringe Temperaturspreizung (ΔT)* im Kühlsystem, Schwankungen der Raumtemperatur*)
- Wenn kein ausreichender Druckabfall am Ventil erzeugt wird, führt dies zu einer geringen Ventilautorität*, was eine modulierende Regelung unmöglich macht

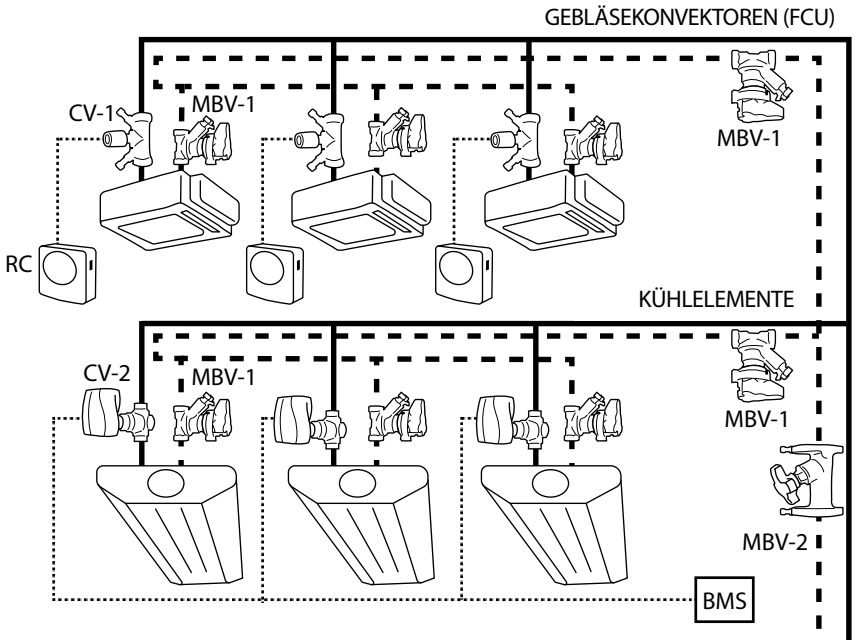
* siehe Seite 54–55

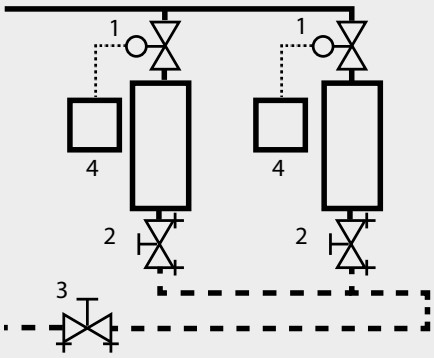
*Heating* ☑ *Cooling* ☑

# Variabler Durchfluss: Manueller Abgleich bei Ringverlegung des Rücklaufs

Nicht empfohlen

1.1.1.8




1. 2-Wege-Regelventil (CV)
2. Manuelles Abgleichventil (MBV)
3. Partnerventil* (MBV)
4. Gebäudeleitsystem (BMS) oder Raumtemperaturregelung (RC)

***Danfoss-Produkte:***

CV-1: RA-HC +TWA-A | CV-2: VZ2 + AME130 | MBV-1: MSV-BD | MBV-2: MSV-F2

Bei einer Ringverlegung des Rücklaufs (Tichelmann) ist die Rohrleitung so ausgelegt, dass das erste Endgerät am Vorlauf das letzte am Rücklauf ist. In der Theorie haben alle Endgeräte das gleiche verfügbare Δp und sind daher ausgeglichen. Dieses System kann nur verwendet werden, wenn die Endgeräte gleich groß sind und einen konstanten* Durchfluss haben. Für andere Systeme ist diese Anwendung ungeeignet.

## Erklärung

### Kapitalrendite
- Aufgrund zusätzlicher Rohrleitungen ist die Investition wesentlich höher
- Mehr Platz im technischen Schacht für zusätzliches drittes Rohr erforderlich
- Größere Pumpe aufgrund des höheren Widerstands zusätzlicher Rohrleitungen erforderlich
- Hohe Reklamationskosten aufgrund von Abgleichproblemen, Lärm und ungenauer Regelung bei Teillasten

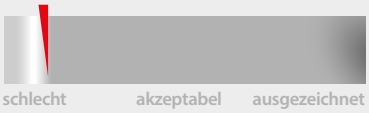
### Design
- Kompliziertes Rohrleitungsdesign
- Eine präzise Dimensionierung des Regelventils ist erforderlich (Kv-Werte, Ventilautorität*)
- Autoritätsberechnungen* sind für eine akzeptable modulierende Regelung von entscheidender Bedeutung
- Eine konstante Δp-Pumpenregelung wird empfohlen; Verwendung eines Δp-Fühlers nicht möglich
- Das System ist nur unter Volllastbedingungen abgeglichen
- Bei Teillast lässt sich das Systemverhalten unmöglich voraussagen

### Betrieb/Wartung
- Kompliziertes Inbetriebnahmeverfahren*, das nur von qualifiziertem Personal durchgeführt werden kann
- Der Einregulierungsvorgang kann erst am Ende des Projekts bei voller Auslastung des Systems und ausreichendem Zugang zu allen Strangventilen gestartet werden
- Δp-Fühler kann Probleme mit Überpumpen nicht beheben
- Bei Systemänderungen ist ein erneuter Abgleich erforderlich
- Besonders hohe Pumpkosten* aufgrund der dritten Rohrleitung und Überversorgung bei Teillast

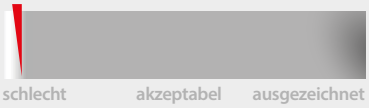
### Regelung
- Die gegenseitige Abhängigkeit der Regelkreise führt zu Druckschwankungen, die die Stabilität und Genauigkeit der Regelung beeinträchtigen
- Die erzeugte Überversorgung verringert die Systemeffizienz (hohe Pumpkosten*, geringe Temperaturspreizung (ΔT)* im Kühlsystem, Schwankungen der Raumtemperatur*)
- Wenn kein ausreichender Druckabfall am Ventil erzeugt wird, führt dies zu einer geringen Ventilautorität*, was eine modulierende Regelung unmöglich macht

## Leistung

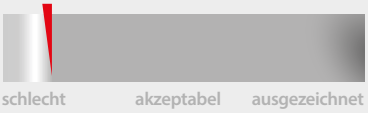
**Kapitalrendite**



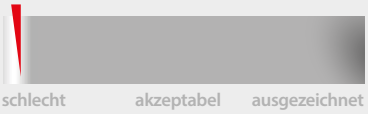

**Design**




**Betrieb/Wartung**




**Regelung**



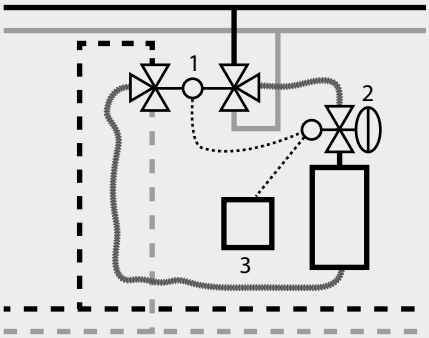

* siehe Seite 54–55

Empfohlen

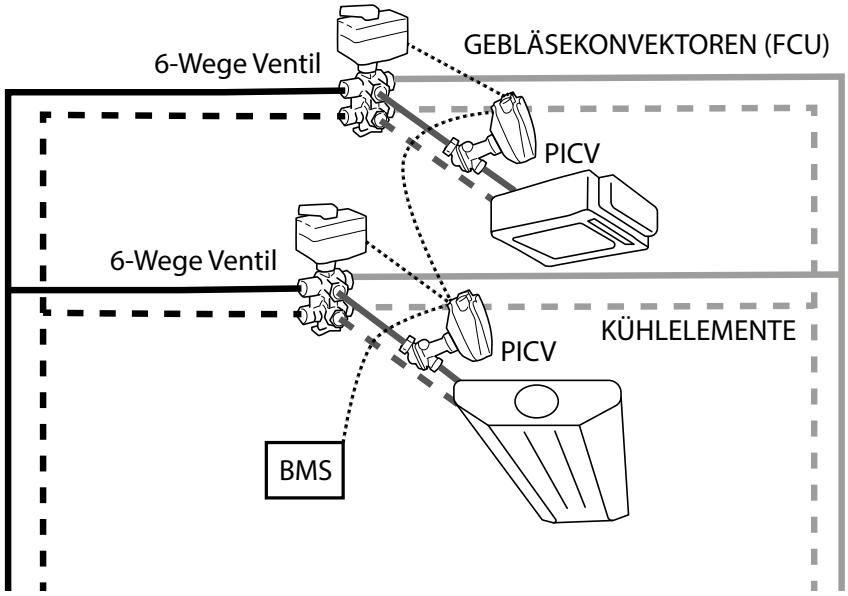
# 1.1.1.9

*Heating* ☑ *Cooling* ☑

## Variabler Durchfluss: 4-Rohr-Umschaltung (ChangeOver CO6) für Heiz-/Kühldecken, Kühlkonvektoren usw. mit PICV-Regelventil

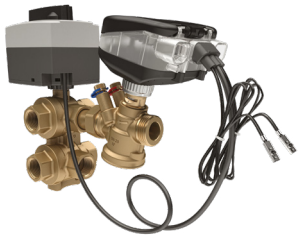



1. 6-Wegeventil (CO6)
2. Druckunabhängiges Regelventil (PICV)
3. Gebäudeleitsystem (BMS)




Diese Anwendung ist nützlich, wenn Sie nur einen Wärmetauscher haben, der sowohl heizen als auch kühlen muss. Dies ist gut für Klimapaneel-Lösungen geeignet.
Die Anwendung verwendet ein 6-Wegeventil zum Umschalten zwischen Heizen und Kühlen und ein PICV zum Abgleich und zur Regelung des Durchflusses.

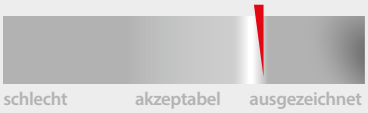
***Danfoss-Produkte:***



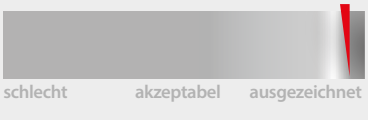
6-Wegeventil CO6 + PICV: NovoCon ChangeOver6 +AB-QM

### Leistung

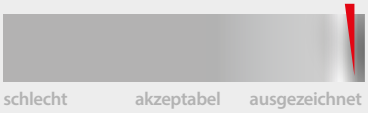
**Kapitalrendite**



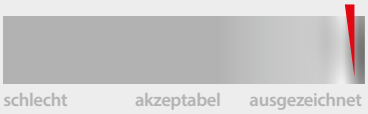

**Design**




**Betrieb/Wartung**




**Regelung**




### Erklärung

**Kapitalrendite**
- Statt vier werden nur zwei Ventile benötigt. Eines für die Umschaltung* und eines für die Heiz-/Kühlregelung
- Sehr energieeffizient dank hohem ΔT und keiner Überversorgung*
- Niedrige Inbetriebnahmekosten*, da bei Verwendung eines digitalen Stellantriebs nur der Durchfluss entweder am PICV oder über die BMS eingestellt werden muss
- Die BMS-Kosten werden reduziert, da nur ein Datenpunkt benötigt wird

**Design**
- Einfache Auswahl des PICV, da die Dimensionierung nur auf Grundlage des erforderlichen Durchflusses erfolgt
- Keine Kv- oder Autoritätsberechnungen* erforderlich
- Das Δp am CO6-Ventil muss überprüft werden
- Perfekter Abgleich und Regelung bei allen Lasten, um eine präzise Raumtemperaturregelung zu gewährleisten

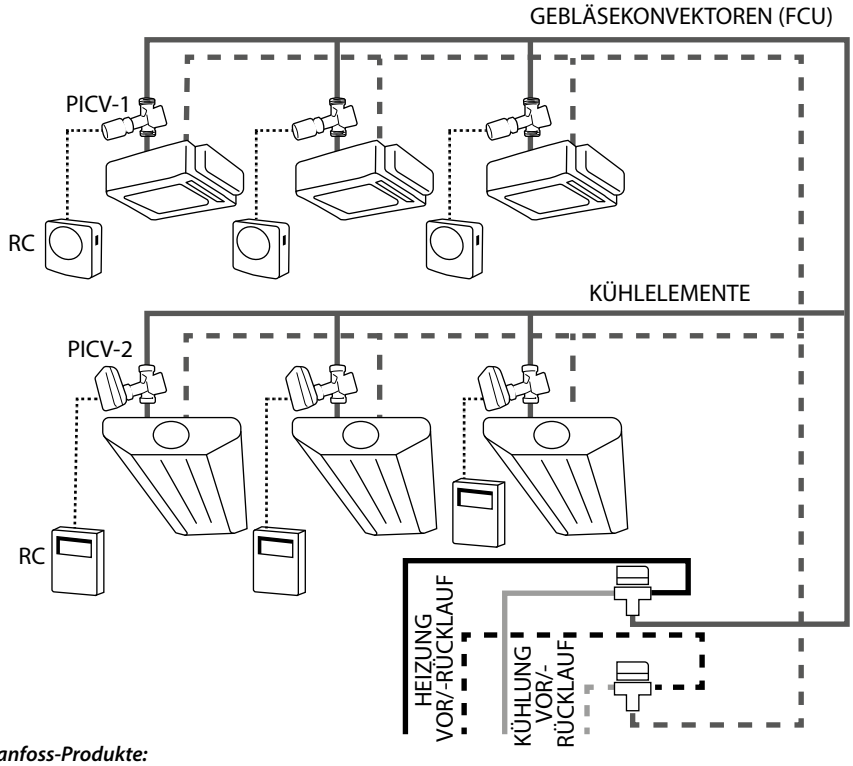
**Betrieb/Wartung**
- Vereinfachte Konstruktion durch Reduzierung der Komponenten und vormontierte Sets
- Ein Ventil regelt Kühlung und Heizung
- Geringe Reklamationskosten dank perfektem Abgleich und perfekter Regelung bei allen Lasten
- Keine Querströmung zwischen Heizung und Kühlung
- Geringe Betriebs- und Instandhaltungskosten. Spülung, Entlüften, Energieverteilung und -management können alle über das BMS erfolgen.

**Regelung**
- Perfekte Regelung durch volle Ventilautorität*
- Individuelle Einstellungen für Kühlen und Heizen (Durchfluss), also perfekte Regelung in beiden Situationen
- Präzise Raumtemperaturregelung
- Der digitale Stellantrieb sorgt mit der Energiemess- und -managementfunktion für weitere Einsparungen

* siehe Seite 54–55

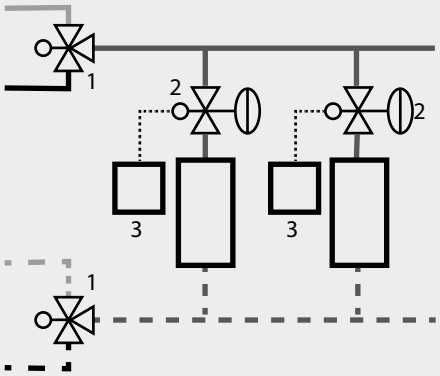
*Heating* ☑ *Cooling* ☑

# Variabler Durchfluss: Zweirohr-Heiz-/Kühlsystem mit zentraler Umschaltung*




Akzeptabel

1.1.1.10




1. Zentrales Umschaltventil
2. Druckunabhängiges Regelventil (PICV)
3. Raumthermostat (RC)

***Danfoss-Produkte:***

PICV-1: AB-QM 4.0 + TWA-Q

PICV-2: AB-QM 4.0 + AMI 140

AMZ113 Umschaltung

Bei dieser Anwendung gewährleistet eine zentrale Umschaltung, dass die Räume gekühlt und beheizt werden können. Es wird dringend empfohlen, ein PICV zur Temperaturregelung zu verwenden, da die Durchflussanforderungen für das Heizen und Kühlen unterschiedlich sind.

## Erklärung

### Kapitalrendite
- Erheblich reduzierte Baukosten durch den Wegfall einer zweiten Rohrführung
- Zusätzliche Kosten, wenn eine automatische Umschaltung* gewünscht ist
- Proportionale Pumpenregelung wird empfohlen

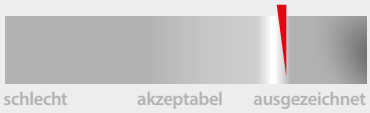
### Design
- Einfache PICV-Auswahl anhand des Kühldurchflusses, der in der Regel der höhere ist
- Das Umschaltventil muss entsprechend der größten Durchflussrate (Kühlung) ausgewählt werden, und ein großer Kvs wird empfohlen, um die Pumpkosten zu senken*
- Es müssen unterschiedliche Durchflussraten für Heizung und Kühlung sichergestellt werden, entweder durch Begrenzen des Hubs des Stellantriebs oder durch die Möglichkeit, den maximalen Durchfluss per Fernzugriff einzustellen (digitaler Stellantrieb)
- Meist werden zum Heizen und Kühlen unterschiedliche Pumpenförderhöhen benötigt

### Betrieb/Wartung
- Einfache Systemeinrichtung mit wenigen Ventilen, daher geringe Wartungskosten
- Die saisonale Umschaltung* muss verwaltet werden
- Keine Überversorgung* (wenn der Durchfluss für verschiedene Heiz-/Kühlmodi eingestellt werden kann)

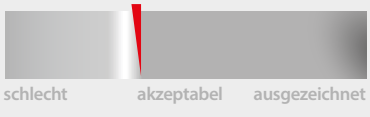
### Regelung
- Das gleichzeitige Heizen und Kühlen in verschiedenen Räumen ist nicht möglich
- Perfekter hydraulischer Abgleich und Regelung mit PICV
- Die EIN/AUS-Regelung führt zu Überversorgung, wenn die Durchflussbegrenzung für einen geringeren Durchflussbedarf (Heizung) nicht gelöst ist

## Leistung

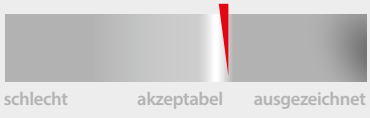
**Kapitalrendite**



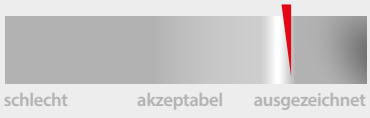

**Design**




**Betrieb/Wartung**



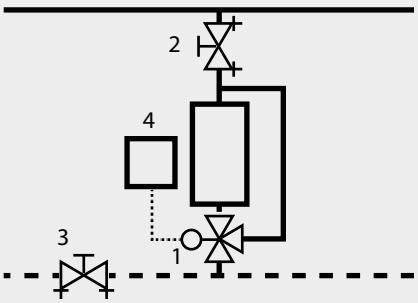

**Regelung**




* siehe Seite 54–55

# Nicht empfohlen

# 1.1.2.1

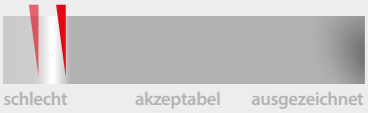



1. 3-Wege-Regelventil (CV)
2. Manuelles Abgleichventil (MBV)
3. Partnerventil* (MBV)
4. Gebäudeleitsystem (BMS) oder Raumtemperaturregelung (RC)

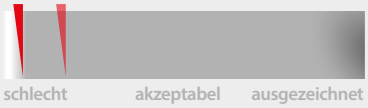
Bei dieser Anwendung erfolgt die Temperaturregelung am Endgerät mithilfe von 3-Wegeventilen. Der hydraulische Abgleich im System erfolgt mithilfe manueller Strangventile. Aufgrund ihrer hohen Energie-Ineffizienz sollte diese Anwendung vermieden werden.

## Leistung

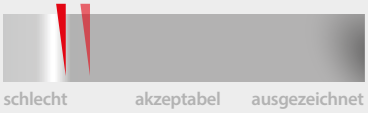
**Kapitalrendite**



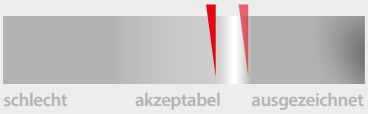

**Design**




**Betrieb/Wartung**




**Regelung**

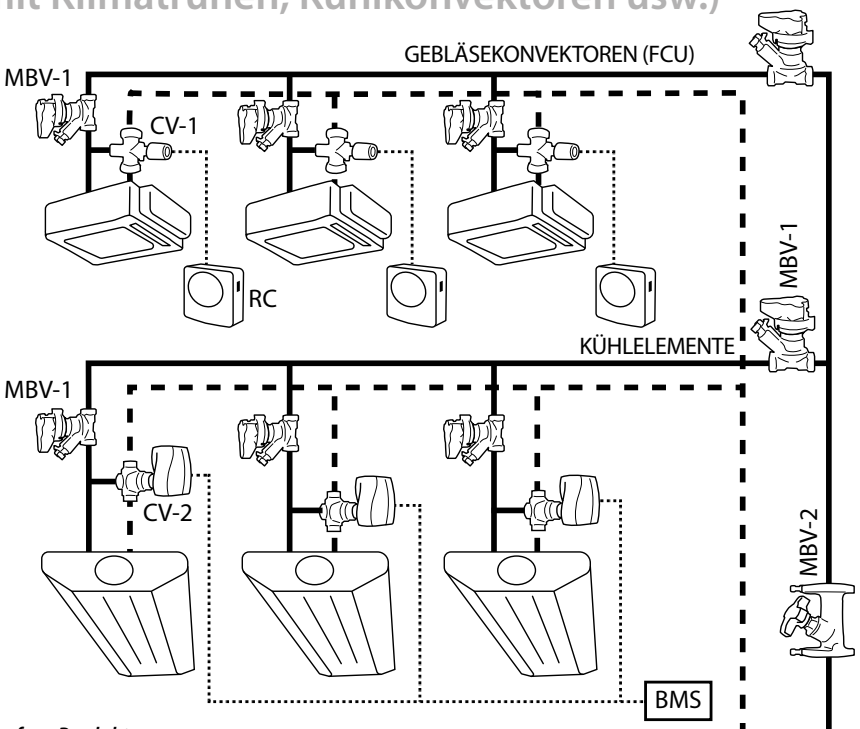



EIN/AUS-Regelung

Modulierende Regelung

*Heating* ☑ *Cooling* ☑

# Konstanter Durchfluss: 3-Wegeventil mit manuellem Abgleich (bei Anwendung mit Klimatruhen, Kühlkonvektoren usw.)




*Danfoss-Produkte:*

CV-1: VZL3 + TWA-ZL CV-2: VZ3 +AME130 MBV-1: MSV-BD MBV-2: MSV-F2

## Erklärung

### Kapitalrendite

- Es werden viele Komponenten benötigt: ein 3-Wegeventil und ein Strangventil pro Endgerät sowie zusätzliche Strangventile für die Einregulierung*
- Extrem hohe Betriebskosten, sehr ineffizient
- Der Durchfluss ist nahezu konstant, es wird kein Frequenzumrichter eingesetzt
- Bei Teillast sehr geringes ΔT im System, sodass Kessel und Kühler mit sehr geringem Wirkungsgrad laufen

### Design

- Eine Kv-Berechnung ist erforderlich, sowie eine Berechnung der Ventilautorität* für das 3-Wegeventil im Falle einer Modulation
- Ein Bypass muss dimensioniert oder ein Strangventil eingebaut werden. Andernfalls kann große Überversorgung bei Teillast auftreten, die zur Unterversorgung des Endgeräts und Energieeffizienz führen
- Bei der Berechnung der Pumpenförderhöhe muss die Teillast berücksichtigt werden, wenn Überversorgung im Bypass zu erwarten ist

### Betrieb/Wartung

- Die Einregulierung der Anlage ist erforderlich
- Der hydraulische Abgleich bei Voll- und Teillast ist akzeptabel
- Erheblicher Energieverbrauch der Pumpe durch konstanten Betrieb
- Hoher Energieverbrauch (niedriges ΔT)

### Regelung

- Die Wasserverteilung und der verfügbare Druck an den Endgeräten sind unter allen Lasten mehr oder weniger konstant
- Die Raumtemperaturregelung ist zufriedenstellend
- Ein überdimensioniertes Regelventil führt zu einem geringen Bereichsverhältnis und Schwankungen* bei Modulation

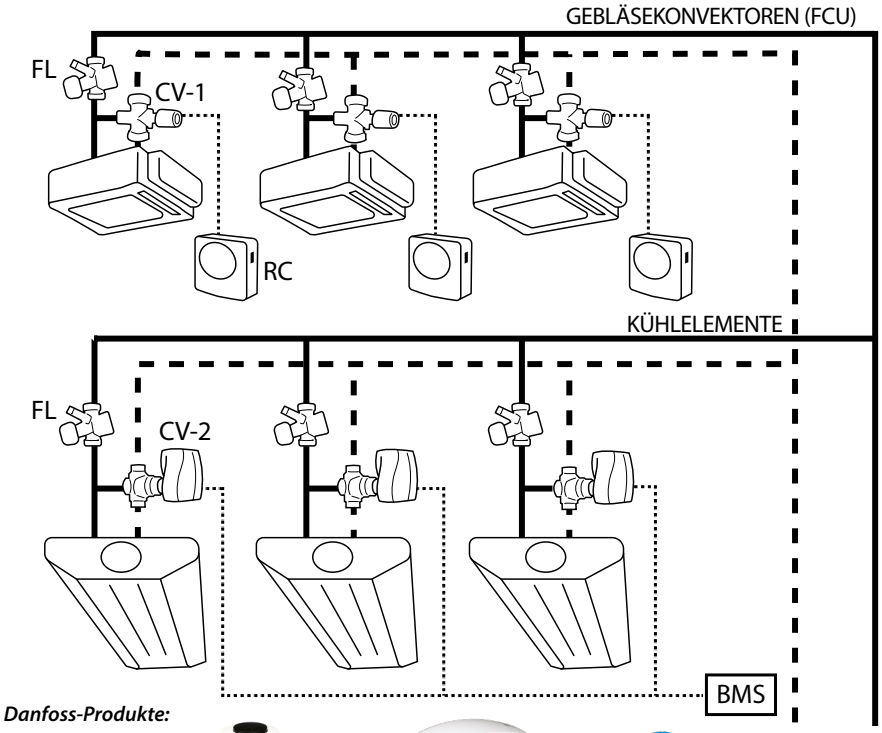
* siehe Seite 54–55

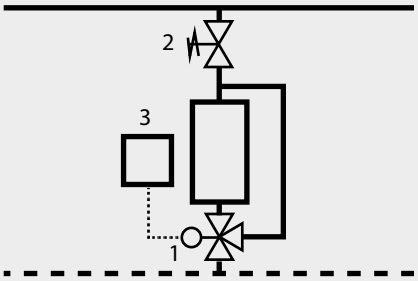
*Heating* ☑ *Cooling* ☑

# Konstanter Durchfluss: 3-Wegeventil mit Durchflussbegrenzer an Endgeräten (bei Anwendung mit Klimatruhen, Kühlkonvektoren usw.)

Nicht empfohlen

1.1.2.2




1. 3-Wege-Regelventil (CV)
2. Durchflussbegrenzer (FL)
3. Gebäudeleitsystem (BMS) oder Raumtemperaturregelung (RC)

***Danfoss-Produkte:***

CV-1: VZL3 + TWA-ZL | CV-2: VZ3 +AMV-130 | FL: AB-QM

Bei dieser Anwendung erfolgt die Temperaturregelung am Endgerät mithilfe von 3-Wegeventilen. Automatische Durchflussbegrenzer werden verwendet, um einen hydraulischen Abgleich im System herzustellen. Aufgrund ihrer hohen Energie-Ineffizienz sollte diese Anwendung vermieden werden.

## Erklärung

### Kapitalrendite

- Es werden viele Komponenten benötigt: ein 3-Wegeventil und ein automatischer Durchflussbegrenzer pro Endgerät
- Relativ einfache Ventileinstellung, kein Strangventil im Bypass oder andere Ventile für die Einregulierung erforderlich*
- Extrem hohe Betriebskosten, sehr ineffizient
- Der Durchfluss ist nahezu konstant, es wird kein Frequenzumrichter eingesetzt
- Bei Teillast sehr geringes ΔT im System, sodass Kessel und Kühler mit sehr geringem Wirkungsgrad laufen

### Design

- Eine Kv-Berechnung ist erforderlich, sowie eine Berechnung der Ventilautorität* für das 3-Wegeventil bei modulierender Regelung
- Die Dimensionierung und Voreinstellung der Durchflussbegrenzer basiert auf dem Nenndurchfluss des Endgeräts
- Bei der Berechnung der Pumpenförderhöhe muss die Teillast berücksichtigt werden, wenn Überversorgung im Bypass zu erwarten ist

### Betrieb/Wartung

- Die Einregulierung der Anlage ist erforderlich
- Der hydraulische Abgleich bei Voll- und Teillast ist akzeptabel
- Erheblicher Energieverbrauch der Pumpe durch konstanten Betrieb
- Hoher Energieverbrauch (niedriges ΔT)

### Regelung

- Die Wasserverteilung und der verfügbare Druck an den Endgeräten sind unter allen Lasten mehr oder weniger konstant
- Die Raumtemperaturregelung ist zufriedenstellend
- Ein überdimensioniertes Regelventil führt zu einem geringen Bereichsverhältnis und Schwankungen* bei Modulation

## Leistung

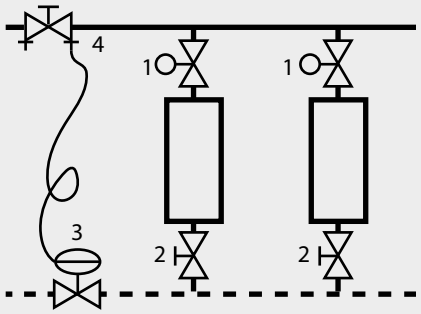
* siehe Seite 54–55

Empfohlen

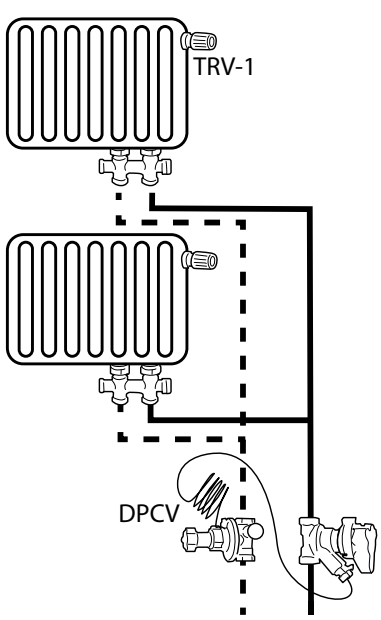
# 1.2.1.1

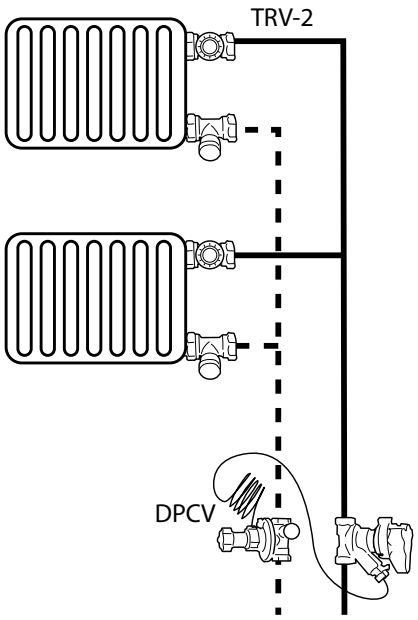
*Heating* ☑ *Cooling* ☐

## Zweirohr-Heizkörpersystem – Stränge mit Heizkörper-Thermostatventilen (mit Voreinstellung)




1. Thermostatisches Heizkörperventil (TRV)
2. Rücklaufverschraubung (RLV)
3. Δp-Regler (DPCV)
4. Partnerventil*



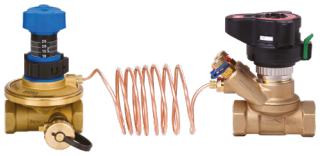




In dieser Anwendung mit Heizkörper-Thermostatventilen stellen wir einen variablen Durchfluss* an den Strängen sicher. Ist die Voreinstellung am TRV möglich, wird der ΔP-Regler ohne Durchflussbegrenzung am Strang verwendet.

***Danfoss-Produkte:***

TRV-1: RA eingebaut + RA

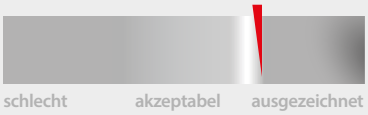
TRV-2: RA-N + RA



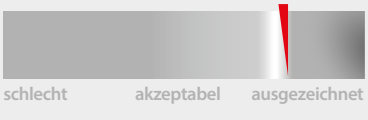
DPCV: ASV-PV+ASV-BD

### Leistung

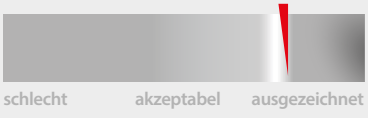
**Kapitalrendite**



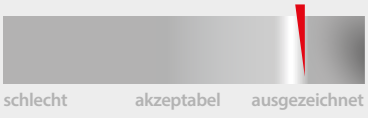

**Design**




**Betrieb/Wartung**




**Regelung**




### Erklärung

**Kapitalrendite**
- Der Δp-Regler ist im Vergleich zum manuellen Abgleich teurer
- Aufwendige Einregulierung ist nicht erforderlich, nur die Δp-Einstellung am Δp-Regler und Voreinstellung des Durchflusses an den TRV
- Eine Pumpe mit variabler Drehzahl wird empfohlen

**Design**
- Einfache Berechnungsmethode: Δp-geregelte Stränge können als unabhängige Kreise berechnet werden (das System kann nach Steigrohren aufgeteilt werden)
- Die Berechnung der Voreinstellung der Heizkörper ist erforderlich,
- Kv-Berechnung für Δp-Regler und Regelventil erforderlich. Eine Berechnung der Ventilautorität* ist für einen ordnungsgemäßen TRV-Betrieb ebenfalls erforderlich
- Der Δp-Bedarf des Kreises sollte berechnet und entsprechend dem Nenndurchfluss und dem Systemwiderstand eingestellt werden

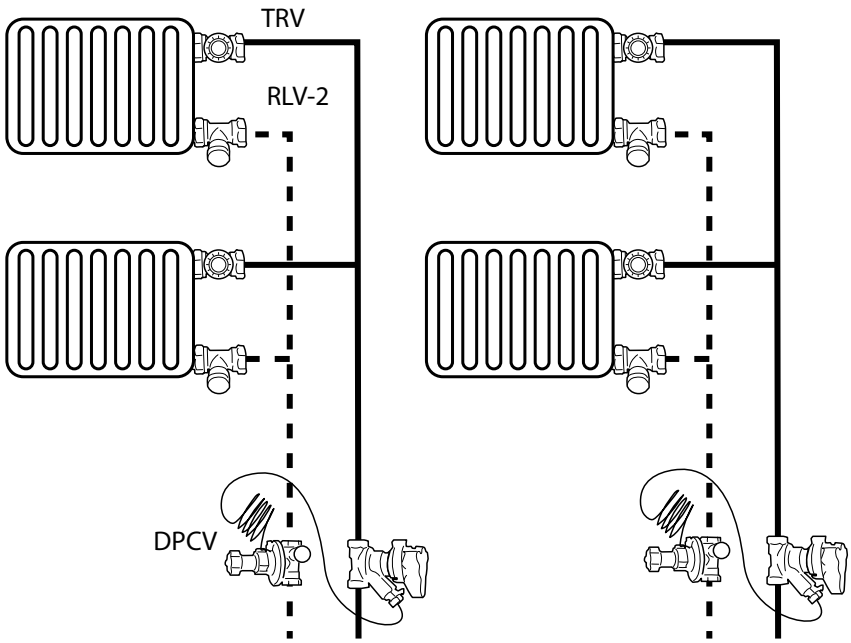
**Betrieb/Wartung**
- Die hydraulische Regelung erfolgt unten am Strang und durch Heizkörpervoreinstellung
- Keine hydraulische Beeinflussung zwischen den Strängen
- Abgleich bei Voll- und Teillast – gut – mit TRV-Voreinstellung
- Guter Wirkungsgrad: erhöhtes ΔT an Strängen sowie Pumpe mit variabler Drehzahl gewährleistet Energieeinsparung

**Regelung**
- Gute Systemeffizienz mit individueller Voreinstellung an Heizkörpern
- Niedrige Pumpkosten – die Durchflussrate an den Strängen ist begrenzt
- Maximales ΔT an den Strängen

* siehe Seite 54–55

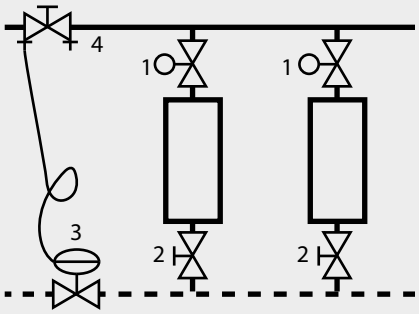
*Heating* ☑ *Cooling* ☐

# Zweirohr-Heizkörperheizungssystem – Stränge mit Heizkörper-Thermostatventilen (ohne Voreinstellung)



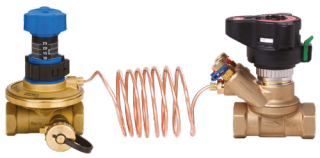

Akzeptabel

1.2.1.2




1. Thermostatisches Heizkörperventil (TRV)
2. Rücklaufverschraubung (RLV)
3. Δp-Regler (DPCV)
4. Partnerventil*

***Danfoss-Produkte:***



DPCV: ASV-PV+ASV-BD

In dieser Anwendung stellen wir einen variablen* Durchfluss an den Strängen mit Heizkörper-Thermostatventilen sicher. Keine Möglichkeit der Voreinstellung am TRV, ΔP-Regler verwendet mit zusätzlicher Durchflussbegrenzung am Strang durch Partnerventil*.

## Erklärung

### Kapitalrendite
- Δp-Regler zuzüglich Durchflussbegrenzung ist teurer als der manuelle Abgleich
- Die Einregulierung* ist für die Durchflussbegrenzung unten am Strang sowie dp-Einstellung am Δp-Regler erforderlich
- Eine Pumpe mit variabler Drehzahl wird empfohlen

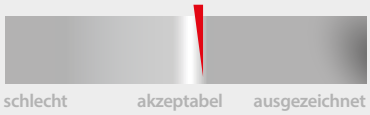
### Design
- Einfache Berechnungsmethode: Δp-geregelte Stränge können als unabhängige Kreise berechnet werden (das System kann nach Strängen aufgeteilt werden)
- Die Berechnung der Voreinstellung des Partnerventils* zur Durchflussbegrenzung ist erforderlich
- Kv-Berechnung für Δp-Regler und Regelventil erforderlich. Die Überprüfung der Ventilautorität* ist ebenfalls wichtig, um die Regelleistung des TRV zu ermitteln
- Der Δp-Bedarf des Kreises sollte berechnet und entsprechend dem Nenndurchfluss und dem Systemwiderstand eingestellt werden

### Betrieb/Wartung
- Hydraulische Einregulierung nur unten am Strang
- Keine hydraulische Beeinflussung zwischen den Strängen
- Abgleich bei Voll- und Teillast ist akzeptabel
- Akzeptabler Wirkungsgrad und Pumpe mit variabler Drehzahl gewährleistet Energieeinsparung*

### Regelung
- Die Durchflussbegrenzung im unteren Bereich des Stranges verursacht einen zusätzlichen Druckabfall innerhalb des Δp-Regelkreises; daher tritt unter Teillastbedingungen eine höher Durchfluss (im Vergleich zur Voreinstellung am TRV) auf
- Höhere Pumpkosten* – jedoch ist die Durchflussrate in den Strängen begrenzt. Während des Teillastbetriebs tritt im Strang ein höherer Durchfluss auf
- Akzeptables ΔT an den Strängen (niedriger im Vergleich zur Voreinstellung am TRV)

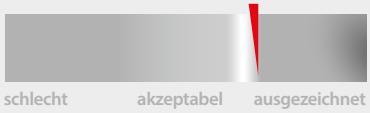
## Leistung

**Kapitalrendite**

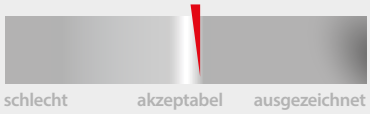



**Design**

**Betrieb/Wartung**




**Regelung**



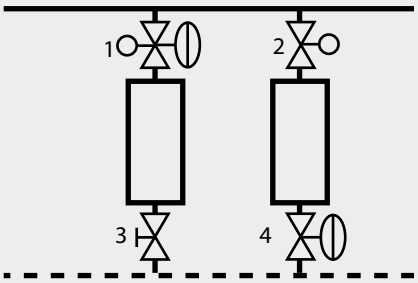

* siehe Seite 54–55

Empfohlen

# 1.2.1.3

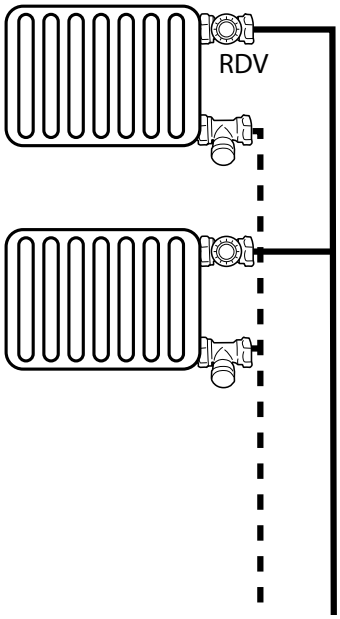
*Heating* ☑ *Cooling* ☐

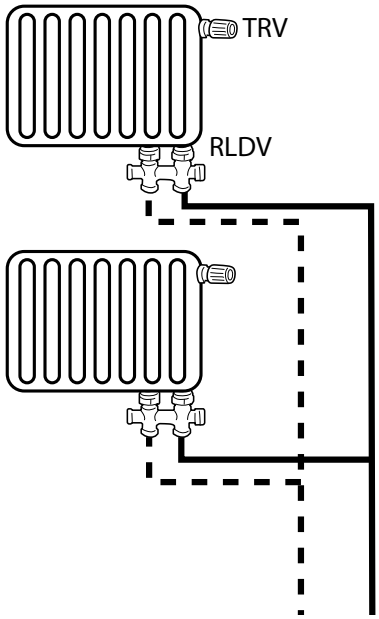
## Druckunabhängige Regelung für Heizkörperheizungssystem



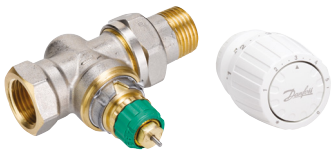

1. Dynamisches Heizkörperventil (RDV)
2. Thermostatisches Heizkörperventil (TRV)
3. Rücklaufverschraubung (RLV)
4. Dynamische Rücklaufverschraubung (RLDV)

In dieser Anwendung sorgen druckunabhängige Regelventile, die in kleineren Heizkörpersystemen verwendet werden, in Kombination mit einem Thermostatfühler (selbsttätige proportionale Raumtemperaturregelung) dafür, dass unabhängig von Druckschwankungen im System der richtige Durchfluss und die richtige Wärmemenge für den Raum sichergestellt sind. (Traditioneller Heizkörper- oder Hahnblock-Anschluss erhältlich).




***Danfoss-Produkte:***



RDV: RA-DV + RA

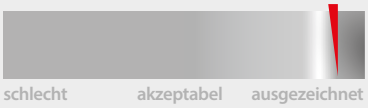
TRV-1: RA eingebaut + RA

RL DV: RLV-KDV

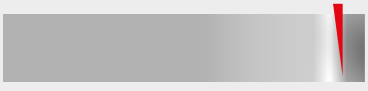
## Leistung

**Kapitalrendite**

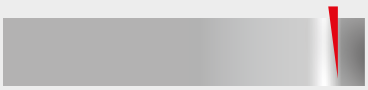
**Design**




**Betrieb/Wartung**




**Regelung**




## Erklärung

### Kapitalrendite

- Es wird nur eine minimale Anzahl von Komponenten benötigt, was mit geringeren Installationskosten einhergeht
- Geringe Reklamationskosten dank perfektem Abgleich und perfekter Regelung bei allen Lasten
- Eine präzise Durchflussregelung bei allen Lasten sorgt für eine hohe Energieeffizienz
- Hohe Effizienz von Kesseln und Pumpen aufgrund eines hohen ΔT im System und niedriger Rücklauftemperatur

### Design

- Einfache Auswahl der Ventile nur anhand der Durchflussanforderungen
- Keine Kv- oder Autoritätsberechnungen* erforderlich. Die Berechnung der Voreinstellung basiert auf dem Durchflussbedarf
- Perfekter Abgleich und perfekte Regelung bei allen Lasten
- Die proportionale Pumpenregelung kann eingestellt werden und die Pumpendrehzahl kann einfach optimiert werden (min Δp am Ventil beachten)
- Diese Lösung gilt bis zu einer Durchflussrate von max. 135 l/h am Endgerät und max. 60 kPa Druckdifferenz über dem Ventil
- Minimal verfügbares Δp am Ventil 10 kPa

### Betrieb/Wartung

- Vereinfachte Konstruktion durch Reduzierung der Komponenten
- Eine einmalige Einstellung genügt – keine komplizierten Abgleichverfahren erforderlich
- Änderungen der Durchflusseinstellung haben keinen Einfluss auf andere Benutzer
- Die Durchflussprüfung am Ventil ist mit einem Spezialwerkzeug (z.B. Danfoss dp-Tool) möglich

### Regelung

- Perfekte Regelung durch volle Ventilautorität*
- Keine Überversorgung*
- Je nach Voreinstellung Proportionalband Xp zwischen 0,5 und 2K
- Vollkommen druckunabhängig, also keine Beeinflussung durch Druckschwankungen und somit stabile Raumtemperaturen*

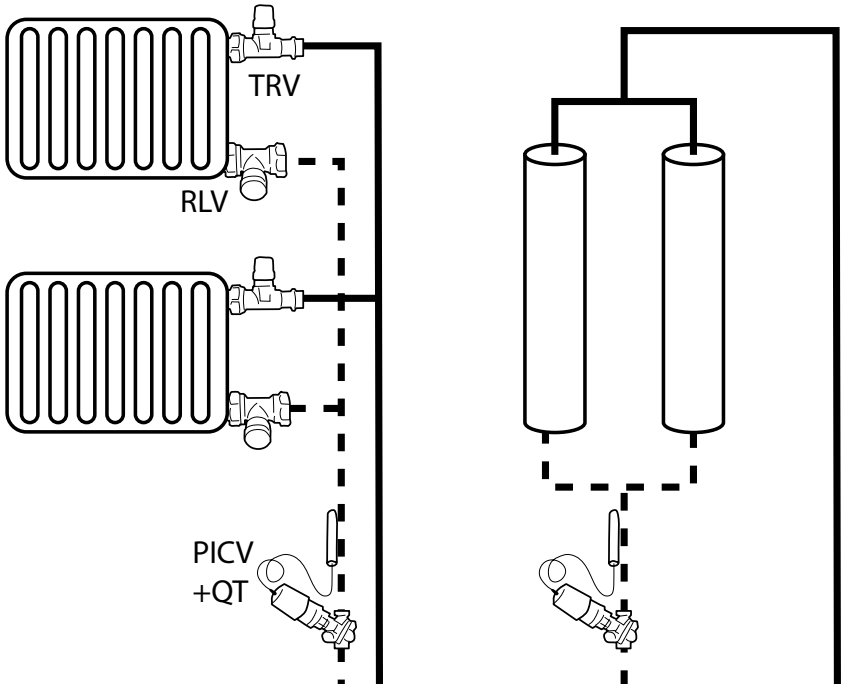
* siehe Seite 54–55

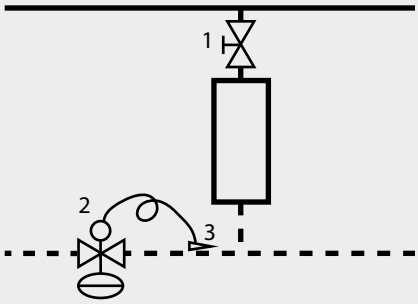
*Heating* ☑ *Cooling* ☐

# Untergeordnete Stränge (Treppe, Bad usw.) in Zwei- oder Einrohrheizkörpersystem ohne Thermostatventil*

Empfohlen

1.2.1.4

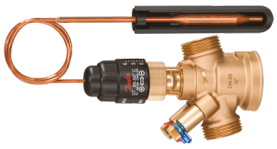



1. Heizkörperventil (ohne Fühler) (RV)
2. Druckunabhängiges Regelventil (PICV)
3. Temperaturfühler (QT)

***Danfoss-Produkte:***

TRV: RA-N+RA



PICV+QT: AB-QT

In dieser Anwendung liegt ein theoretischer konstanter Durchfluss* an untergeordneten Strängen vor und es gibt keinen Thermostatfühler am Heizkörperventil (wie Treppe, Badezimmer usw.). Für eine bessere Effizienz wird unter Teillastbedingungen bei steigender Rücklauftemperatur ein variabler Durchfluss* mit einer Begrenzung der Rücklauftemperatur sichergestellt.

*Länderspezifische gesetzliche Regelung beachten

## Erklärung

### Kapitalrendite

- Der QT (Temperaturbegrenzungsfühler) ist mit einem Aufpreis verbunden (Durchflussbegrenzer wird in jedem Fall empfohlen)
- Die Einregulierung der Anlage ist nicht erforderlich, nur die Einstellung des Durchflusses am PICV sowie der Temperatur am QT
- Pumpe mit variabler Drehzahl wird empfohlen

### Design

- Für den Durchfluss durch die Stränge ist eine einfache Berechnung basierend auf dem Wärmebedarf und ΔT erforderlich; die Größe des Heizkörpers/Konvektors muss entsprechend ausgelegt werden
- Der Durchfluss wird durch die Rücklauftemperatur geregelt
- Die Berechnung der Voreinstellung des Heizkörpers ist entscheidend, da kein Raumtemperaturregler vorhanden ist. Die Wärmeabgabe hängt von der Durchflussrate und der Größe des Heizkörpers ab. Die Berechnung der Voreinstellung basiert auf der Durchflussrate zwischen den Heizkörpern und dem Druckabfall der Rohrleitung
- Vereinfachte hydraulische Berechnung (das System kann nach Strängen aufgeteilt werden)

### Betrieb/Wartung

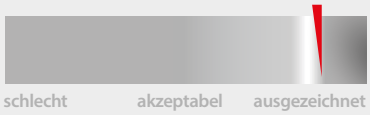
- Keine Überheizung des Stranges bei Teillast (dringend bei Renovierung empfohlen)
- Guter Abgleich bei Voll- und Teillast – zusätzliche Energieeinsparung*
- Höherer Wirkungsgrad: begrenzte Rücklauftemperatur und Pumpe mit variabler Drehzahl gewährleistet Energieeinsparung*

### Regelung

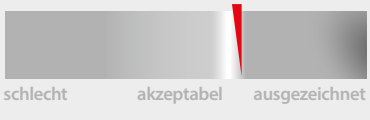
- Innenräume (in der Regel Badezimmer) haben einen konstanten Wärmebedarf. Um eine konstante Heizleistung bei steigender Vorlauftemperatur zu gewährleisten, reduziert QT die Durchflussrate
- Geringere Überheizung der Stränge – Energieeinsparung*
- Die Erhöhung des ΔT sorgt für einen geringeren Wärmeverlust und eine bessere Wärmeerzeugungseffizienz
- NIEDRIGE Pumpkosten* – die Durchflussrate untergeordneter Stränge wird dank der Temperaturbegrenzung durch QT begrenzt und noch weiter reduziert
- Begrenzte Effizienz der QT-Regelung bei sinkender Vorlauftemperatur. Der elektronische Regler (CCR3 +) erhöht den Wirkungsgrad bei höheren Außentemperaturen

## Leistung

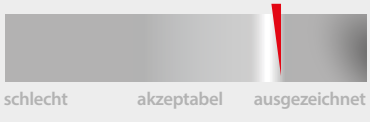
**Kapitalrendite**



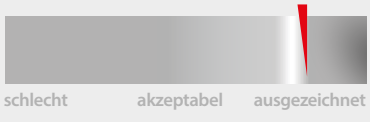

**Design**




**Betrieb/Wartung**




**Regelung**



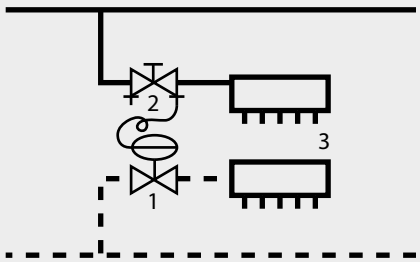

* siehe Seite 54–55

Empfohlen

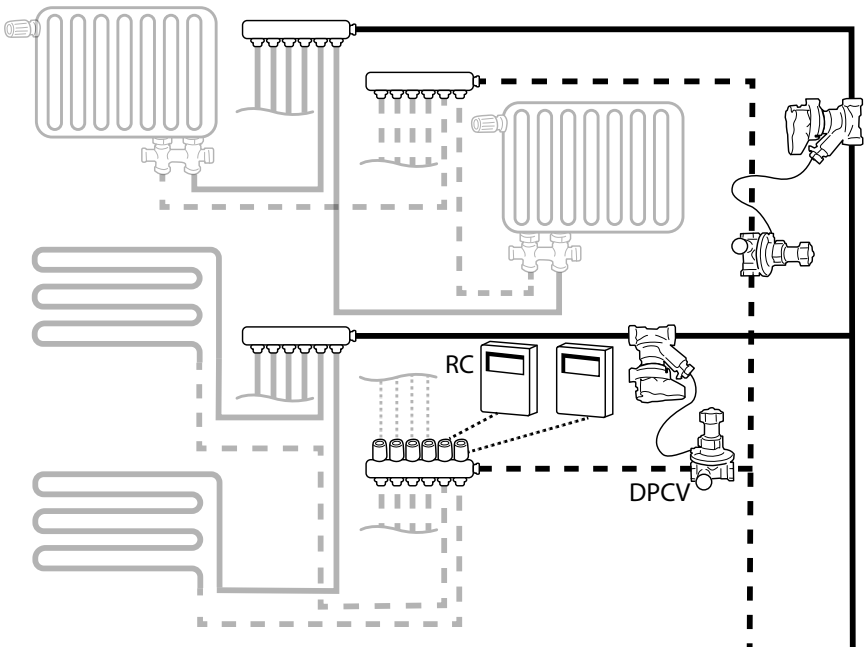
# 1.2.1.5

*Heating* ☑ *Cooling* ☐

## Δp-Regelung für Verteiler mit individueller Zonen-/Kreisregelung



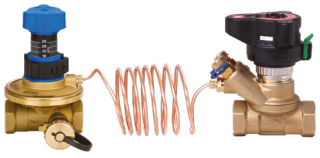

1. Δp-Regler (DPCV)
2. Partnerventil*
3. Verteiler mit voreinstellbaren Ventilen




In dieser Anwendung stellen wir einen variablen Durchfluss* in der Verteilleitung und einen konstanten Differenzdruck an jedem Verteiler sicher, unabhängig von kurzzeitigen Last- und Druckschwankungen im System. Geeignet für Heizkörper- und Fußbodenheizungssysteme.

***Danfoss-Produkte:***

Verteiler: FHF/SSM + TWA-A

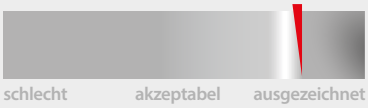


DPCV: ASV-PV + ASV-BD

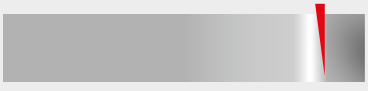
## Leistung

**Kapitalrendite**

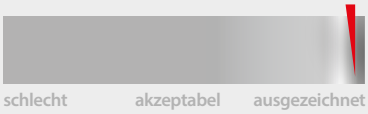
**Design**




**Betrieb/Wartung**




**Regelung**




## Erklärung

### Kapitalrendite

- Neben dem Verteiler ist ein DPCV mit Partnerventil* erforderlich. Ein Wärmezähler wird häufig für einzelne Wohnungsanbindungen verwendet
- Thermischer Stellantrieb zur Zonenregelung (Fußbodenheizung) oder Thermostatfühler (Heizkörper)
- Einregulierung ist nicht erforderlich, nur die Δp-Einstellung und Einstellung des Durchflusses an den Verteilerkreisen
- Mit zusätzlichen Investitionen kann der Benutzerkomfort durch eine individuelle, zeitbasierte kabelgebundene oder kabellose Raumtemperaturregelung erhöht werden
- Eine Pumpe mit variabler Drehzahl wird empfohlen

### Design

- Einfache Dimensionierung des DPCV gemäß Kvs-Berechnung und Gesamtdurchflussbedarf des Verteilers
- Die Berechnung der Voreinstellung ist nur für eingebaute Zonenventile erforderlich
- Durch die Voreinstellung der Kreise wird der Durchfluss begrenzt, um sicherzustellen, dass an den Anschlüssen keine Unter-/Überversorgung auftritt

### Betrieb/Wartung

- Zuverlässige, druckunabhängige Lösung für einzelne Wohnungs-/Verteileranschlüsse
- Das Partnerventil* kann verschiedene Funktionen haben, z. B. Impulsleitungsanschluss, Absperrung usw.
- Die Durchflusseinstellung kann präzise über die Δp-Einstellung am DPCV erfolgen, oftmals zusammen mit Wärmezähler verwendet
- KEIN Geräuschrisiko dank Δp-geregelten Verteilern
- Hohe Effizienz, insbesondere bei einzeln programmierbarer Raumtemperaturregelung

### Regelung

- Stabile Druckdifferenz für Verteiler
- Durchflussbegrenzung ist gelöst, keine Überversorgung* oder Unterversorgung in den jeweiligen Bereichen
- Thermische Stellantriebe (Fußbodenheizung) sorgen für eine Verteilerregelung oder eine individuelle zeitgesteuerte Raumtemperaturzonenregelung (EIN/AUS) mit einem geeigneten Raumregler
- Der Thermostatfühler (Heizkörper) sorgt für eine proportionale Raumregelung mit dem richtigen Xp-Band

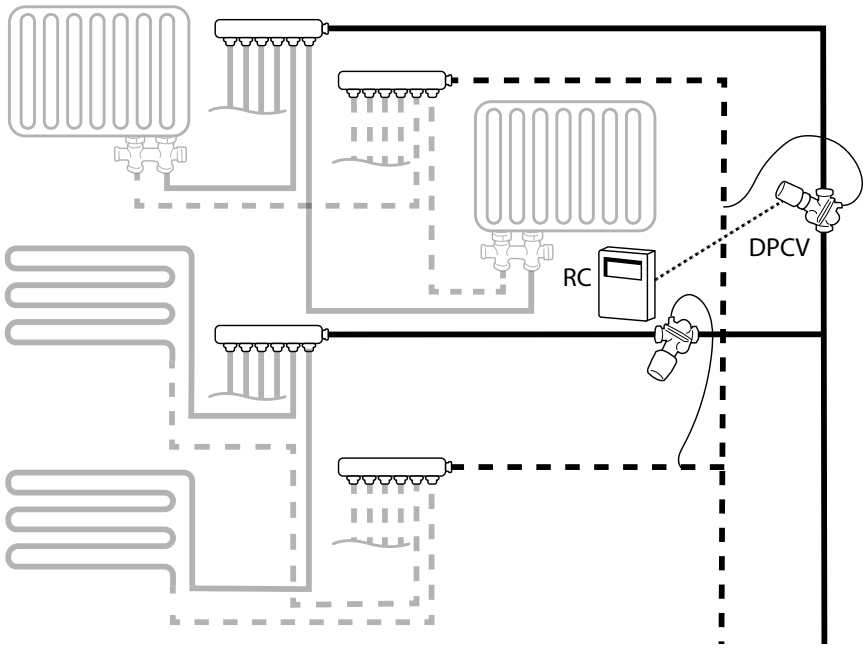
* siehe Seite 54–55

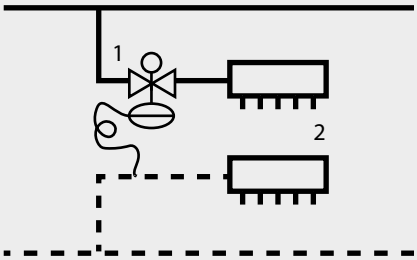
*Heating* ☑ *Cooling* ☐

# Δp-Regelung und Durchflussbegrenzung für Verteiler mit zentraler Zonenregelung*

Empfohlen

1.2.1.6



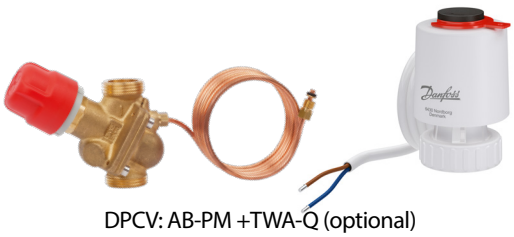




1. Δp-Regler (DPCV)
2. Verteiler mit voreinstellbaren Ventilen

In dieser Anwendung stellen wir einen variablen Durchfluss* in der Verteilleitung und eine maximale Druckdifferenz an jedem Verteiler sicher, unabhängig von kurzzeitigen Last- und Druckschwankungen im System. Darüber hinaus begrenzen wir den Durchfluss für den Verteiler und können die Zonenregelung durch Hinzufügen eines thermischen Stellantriebs am DPCV sicherstellen. Geeignet für Heizkörper- und Fußbodenheizungssysteme.

***Danfoss-Produkte:***

Verteiler: FHF/SSM



DPCV: AB-PM +TWA-Q (optional)

*Länderspezifische gesetzliche Regelung beachten

## Erklärung

### Kapitalrendite

- Nur DPCV und Impulsleitungsanschluss erforderlich. Ein Wärmezähler wird häufig für einzelne Wohnungsanbindungen verwendet
- Thermischer Stellantrieb zur Zonenregelung als Option (am DPCV installiert)
- Individuelle Zonenregelung (Fußbodenheizung) oder Thermostatfühler (Heizkörper) ebenfalls möglich
- Die Installationszeit kann durch Verwendung des Sets reduziert werden
- Eine Einregulierung ist nicht erforderlich, nur die Einstellung des Durchflusses am DPCV sowie die Voreinstellung jedes Kreises
- Eine Pumpe mit variabler Drehzahl wird empfohlen

### Design

- Einfach, keine Kvs-Berechnung oder Berechnung der Ventilautorität* erforderlich; die Ventilauswahl erfolgt anhand des Durchflussratenbedarfs und Δp-Bedarfs des Kreises
- Die Berechnung der Voreinstellung ist für eingebaute Zonenventile (sofern vorhanden) erforderlich
- Durch die Voreinstellung der Durchflussbegrenzung wird sichergestellt, dass keine Unter-/Überversorgung am Verteiler auftritt
- Sehr einfache Berechnung der Pumpenförderhöhe. Die minimale verfügbare Druckdifferenz für das Differenzdruckregelventil (DPCV) (im Δp-Kreis integriert) ist angegeben

### Betrieb/Wartung

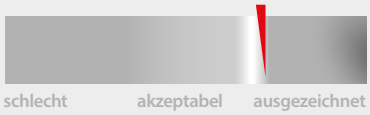
- Zuverlässige, druckunabhängige Lösung für einzelne Wohnungsanbindungen
- Das Partnerventil* – falls verwendet – kann verschiedene Funktionen haben, z. B. Impulsleitungs-anschluss, Absperrung usw.
- Kein Geräuschrisiko dank Δp-geregeltem Verteiler
- Hohe Effizienz, insbesondere bei einzeln programmierbarer Raumtemperaturregelung

### Regelung

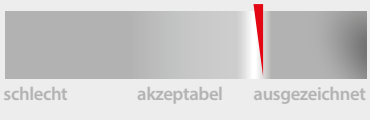
- Maximierte Druckdifferenz für Verteiler
- Durchflussbegrenzung ist gelöst, keine Überversorgung* oder Unterversorgung in den jeweiligen Bereichen
- ...aber leichter Mehrdurchfluss innerhalb des Kreises bei Teillast
- Thermischer Stellantrieb sorgt für Zonenregelung (EIN/AUS) mit einem geeigneten Raumregler

## Leistung

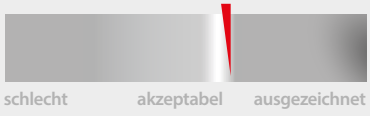
**Kapitalrendite**



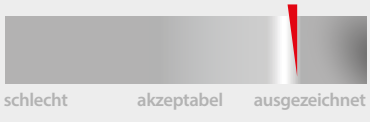

**Design**




**Betrieb/Wartung**




**Regelung**



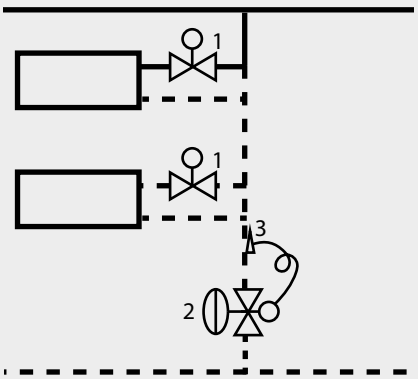

* siehe Seite 54–55

Empfohlen

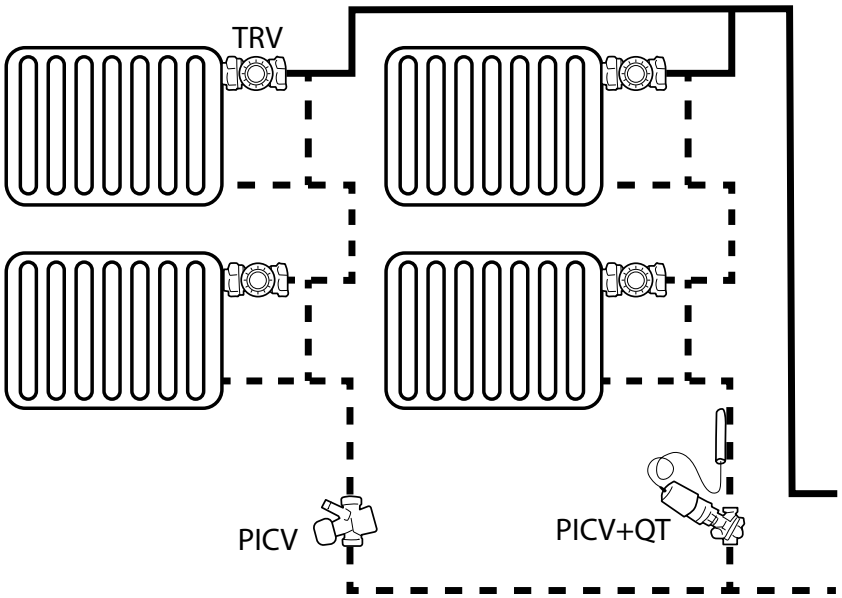
# 1.2.2.1

*Heating* ☑ *Cooling* ☐

## Renovierung eines Einrohr-Heizkörpersystems mit automatischer Durchflussbegrenzung und möglicher selbsttätiger Rücklauftemperaturbegrenzung




1. Heizkörperventil (TRV)
2. Druckunabhängiges Regelventil (PICV)
3. Optional – Temperaturfühler (QT)

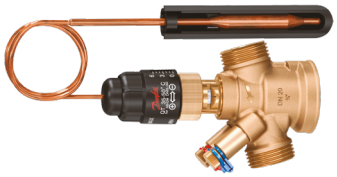



Diese Anwendung eignet sich für die Renovierung von vertikalen Einrohrheizkörpersystemen. Wir empfehlen ein Heizkörper-Thermostatventil mit hoher Leistung sowie die Installation eines Durchflussbegrenzers am Strang. Für eine bessere Effizienz empfehlen wir die Verwendung einer Rücklauftemperaturregelung mit QT (Thermostat-Fühler)

***Danfoss-Produkte:***

TRV: RA-G + RA

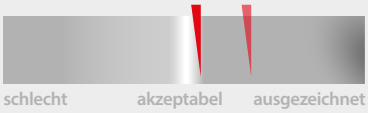
PICV: AB-QM



PICV+QT: AB-QT

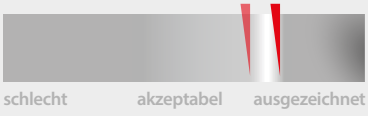
## Leistung

**Kapitalrendite**




**Design**

**Betrieb/Wartung**




**Regelung**

## Erklärung

### Kapitalrendite

- Die Investitionskosten (Heizkörper-Thermostatventil + Durchflussbegrenzer + QT an Strängen) sind verglichen mit dem manuellen Abgleich höher
- Einfache QT-Installation mit geringen Zusatzkosten
- Keine Einregulierung* erforderlich, nur die Einstellung des Durchflusses
- Eine Pumpe mit variabler Drehzahl wird empfohlen (ohne QT ist die Pumpenregelung nicht erforderlich)

### Design

- „α" (Heizkörperanteil) Berechnung z.B. durch Iteration
- TRV mit hoher Leistung erforderlich, um „α" zu erhöhen
- Die Größe des Heizkörpers hängt von Änderungen der Vorlauftemperatur ab
- Der Schwerkrafteffekt sollte berücksichtigt werden
- Einfache hydraulische Berechnung für die Stränge, Auswahl basierend auf der Durchflussrate, aber der minimal verfügbare Druck darauf ist sicherzustellen
- Die QT-Einstellung hängt von den Systembedingungen ab

### Betrieb/Wartung

- System aufgrund der Durchflussbegrenzung weniger anfällig gegenüber Gravitationseffekten
- „α" (Heizkörperanteil) anfällig für Ungenauigkeiten der Installation
- Echter konstanter Durchfluss* ohne QT, variabler Durchfluss* mit QT
- QT trägt zur Energieeinsparung* beim Pumpen bei
- QT sorgt für gerechtere Heizkostenabrechnungen

### Regelung

- Genaue und einfache Wasserverteilung zwischen den Strängen
- Verbesserte Regelung der Raumtemperatur
- Die Wärmeabgabe des Heizkörpers hängt von der unterschiedlichen Vorlauftemperatur ab
- Der Wärmezugewinn durch die Rohre in den Räumen beeinflusst die Raumtemperatur
- Der QT-Effekt ist bei höheren Außentemperaturen begrenzt

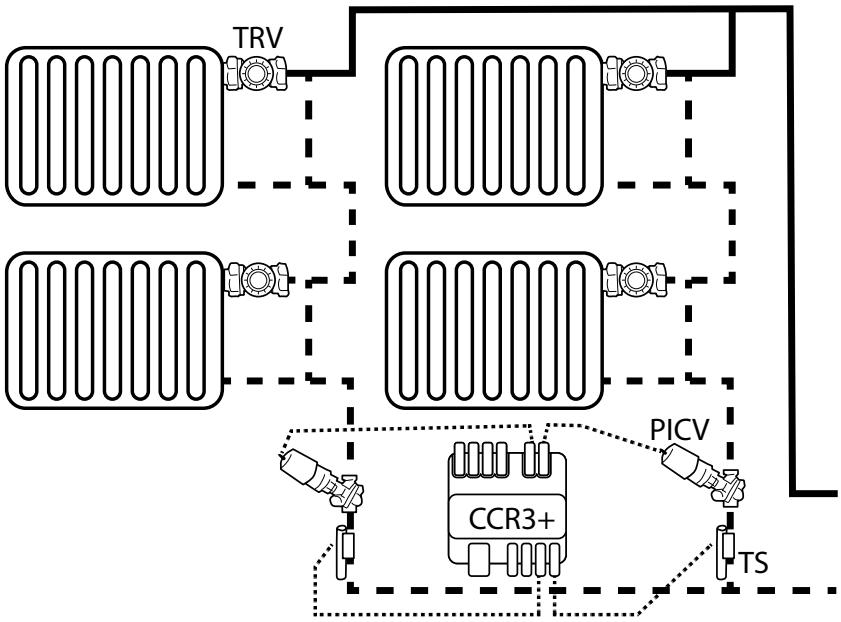
* siehe Seite 54–55

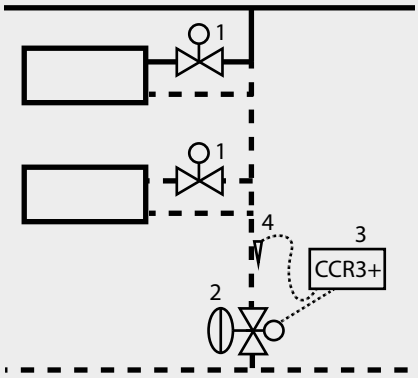
*Heating* ☑ *Cooling* ☐

# Renovierung eines Einrohr-Heizkörpersystems mit elektronischer Durchflussbegrenzung und Rücklauftemperaturregelung

Empfohlen

1.2.2.2



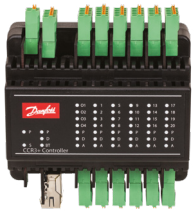




1. Heizkörperventil (TRV)
2. Druckunabhängiges Regelventil (PICV)
3. Elektronischer Regler (CCR3+)
4. Temperaturfühler (TS)

***Danfoss-Produkte:***

TRV: RA-G + RA

PICV: AB-QM+TWA-Q



CCR3+

Diese Anwendung eignet sich für die Renovierung von vertikalen Einrohrheizkörpersystemen. Wir empfehlen ein Heizkörper-Thermostatventil mit hoher Leistung sowie die Installation eines Durchflussbegrenzers am Strang. Für einen optimalen Wirkungsgrad empfehlen wir die Verwendung von CCR3+ (Elektronischer Regler)

## Erklärung

### Kapitalrendite

- Hohe Investitionskosten (Heizkörper-Thermostatventil + Durchflussbegrenzer mit thermischem Stellantrieb, Fühler am Strangrohr + CCR3+)
- Elektrische Verkabelung erforderlich, Programmierung von CCR3+
- Keine Einregulierung* erforderlich, nur die Einstellung des Durchflusses
- Eine Pumpe mit variabler Drehzahl wird empfohlen

### Design

- „α" (Heizkörperanteil) Berechnung z.B. durch Iteration
- TRV mit hoher Leistung erforderlich, um „α" zu erhöhen
- Die Größe des Heizkörpers hängt von Änderungen der Vorlauftemperatur ab
- Der Schwerkrafteffekt sollte berücksichtigt werden
- Einfache hydraulische Berechnung für die Stränge, Auswahl basierend auf der Durchflussrate, aber der minimal verfügbare Druck darauf ist sicherzustellen
- Festlegung der benötigten Rücklaufkennlinie

### Betrieb/Wartung

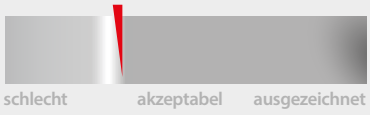
- Das System ist aufgrund der Durchflussbegrenzung weniger anfällig gegenüber Schwerkrafteffekten
- „α" (Heizkörperanteil) anfällig für Ungenauigkeiten der Installation
- Programmierung von CCR3+, Datenprotokollierung, Fernwartung und -zugriff
- Höherer Wirkungsgrad aufgrund von verbessertem ΔT und verringertem Rohrwärmeverlust

### Regelung

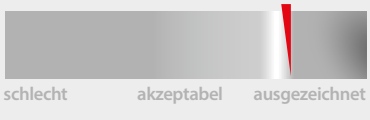
- Genaue und einfache Wasserverteilung zwischen den Strängen
- Verbesserte Regelung der Raumtemperatur
- Die Wärmeabgabe des Heizkörpers hängt von der unterschiedlichen Vorlauftemperatur ab
- Der Wärmezugewinn durch die Rohre in den Räumen beeinflusst die Raumtemperatur
- CCR3+ Witterungsausgleich auf die Rücklauftemperatur an allen einzelnen Strängen

## Leistung

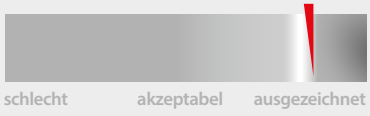
**Kapitalrendite**



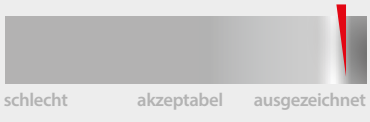

**Design**




**Betrieb/Wartung**




**Regelung**



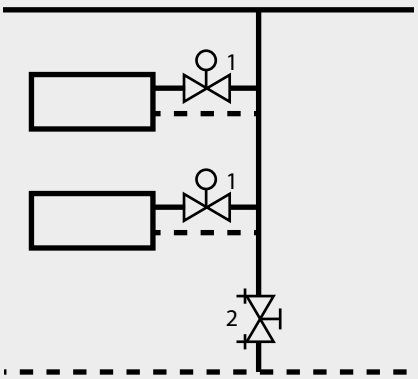

* siehe Seite 54–55

Nicht empfohlen

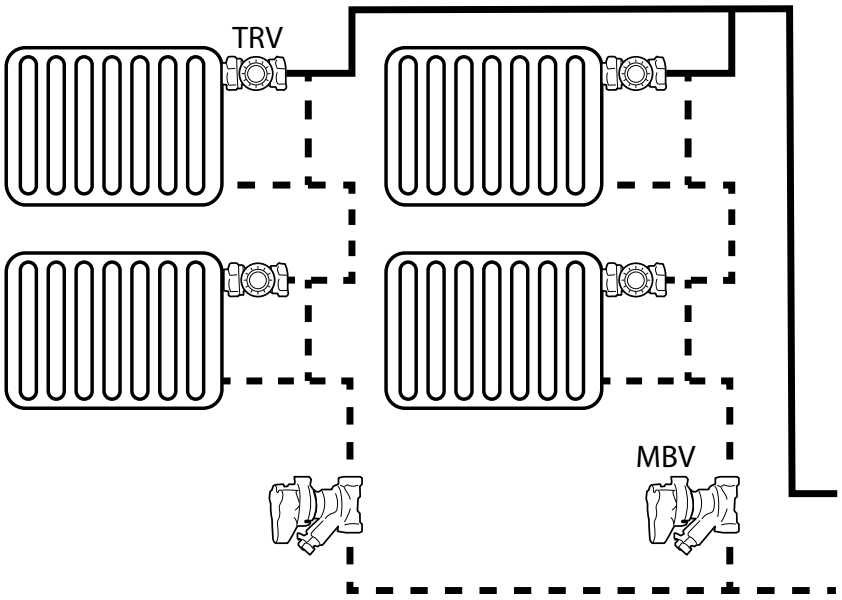
# 1.2.2.3

*Heating* ☑ *Cooling* ☐

## Renovierung eines Einrohr-Heizkörpersystems mit manuellem Abgleich




1. Heizkörperventil (TRV)
2. Manuelles Abgleichventil (MBV)




Diese Anwendung eignet sich für die Renovierung eines Einrohrheizkörpersystems. Viele Einrohrsysteme werden basierend auf Heizkörper-Thermostatventilen und manuellen Strangventilen renoviert. Dies wird aufgrund seiner geringen Effizienz nicht empfohlen.

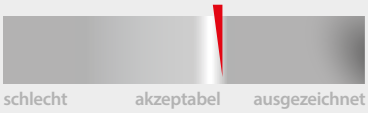
***Danfoss-Produkte:***

TRV: RA-G +RA

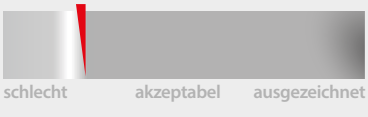
Manuelle Strangventile: MSV-BD

## Leistung

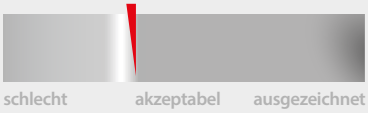
**Kapitalrendite**



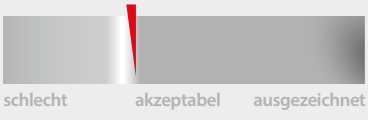

**Design**




**Betrieb/Wartung**




**Regelung**




## Erklärung

### Kapitalrendite
- Mittelhohe Investitionskosten (Heizkörper-Thermostatventil + manueller Abgleich)
- Einregulierung* ist erforderlich
- Bei einer nicht ordnungsgemäßen Einregulierung kann es zu Reklamationen kommen
- Eine traditionelle Pumpe mit konstanter Drehzahl ist akzeptabel

### Design
- Schwierige Dimensionierung der Hydraulik; die Berechnung der Voreinstellung des MBV ist wichtig
- „α" (Heizkörperanteil) Berechnung z.B. durch Iteration
- TRV mit hoher Leistung erforderlich, um „α" zu erhöhen
- Die Größe des Heizkörpers hängt von Änderungen der Vorlauftemperatur ab
- Der Schwerkrafteffekt sollte berücksichtigt werden

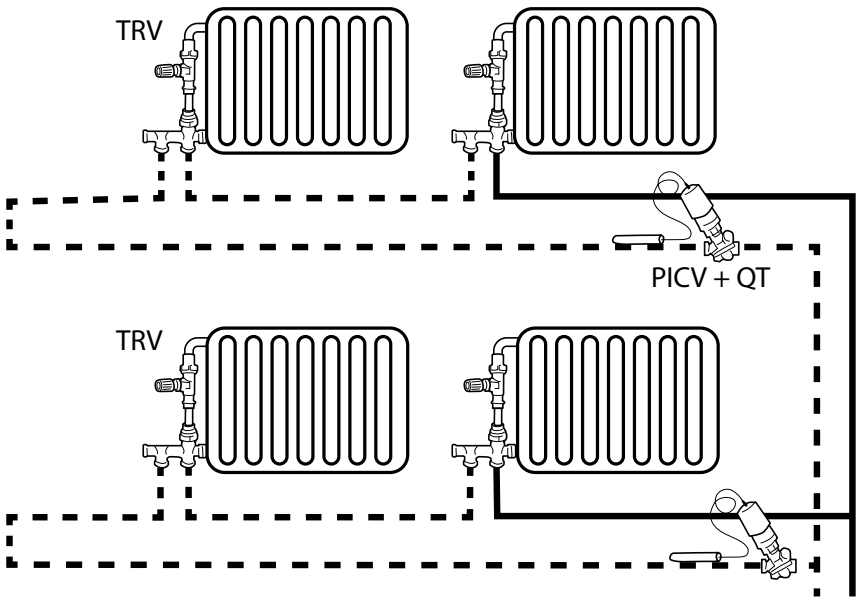
### Betrieb/Wartung
- System anfällig gegenüber Schwerkrafteffekten im Betrieb (Über-/Unterversorgung)
- „α" (Heizkörperanteil) anfällig gegenüber der Installationsgenauigkeit
- Kein realer konstanter Durchfluss*, die Durchflussrate kann je nach Betrieb des Heizkörperventils zwischen 70 und 100 % variieren
- Hoher Pumpenergieverbrauch durch „konstanten" Durchfluss
- Ineffizientes System, bei Teillast (wenn TRV schließen) zu hohe Vorlauftemperatur in die Heizkörper und Gesamtrücklauftemperatur

### Regelung
- Ungenaue Regelung der Raumtemperatur
- Die Wärmeabgabe des Heizkörpers hängt von der unterschiedlichen Vorlauftemperatur ab
- Der Wärmezugewinn durch die Rohre in den Räumen beeinflusst die Raumtemperatur
- Ungenaue Heizkostenabrechnungen

* siehe Seite 54–55

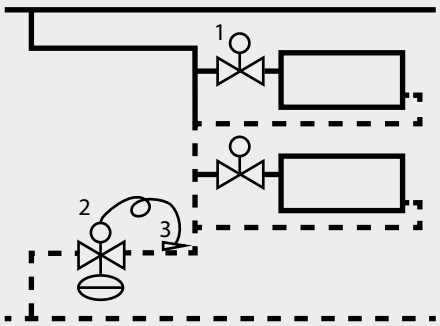
*Heating* ☑ *Cooling* ☐

# Horizontale Einrohr-Heizungssysteme mit Heizkörper-Thermostatventilen, Durchflussbegrenzung und selbsttätiger Rücklauftemperaturbegrenzung




Akzeptabel

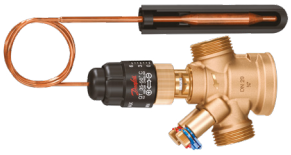
1.2.2.4




1. Heizkörperventil (TRV)
2. Druckunabhängiges Regelventil (PICV)
3. Temperaturfühler (QT)

***Danfoss-Produkte:***

TRV: RA-KE +RA



PICV+QT: AB-QT

In dieser Anwendung stellen wir die automatische Durchflussbegrenzung für alle Heizkreise sicher und begrenzen die Rücklauftemperatur mit QT (Thermostatfühler), um kleine ΔT in den Kreisen während der Teillast zu vermeiden. (Effizienter bei niedrigerer Außentemperatur.)

## Erklärung

### Kapitalrendite

- Investitionskosten – gut (Heizkörper-Thermostatventil + Durchflussbegrenzer + QT an den Strängen)
- Weniger Ventile als im Fall von manuellem Abgleich, niedrigere Installationskosten
- Einfache Installation und Einstellung von QT. (Erneute Einstellung nach einiger Zeit anhand von Betriebserfahrungen empfohlen)
- Die Einregulierung* des Systems ist nicht erforderlich (nur die Einstellung des Durchflusses sowie der Temperatur)
- Eine Pumpe mit variabler Drehzahl wird empfohlen

### Design

- Traditioneller Heizkörperanschluss. „a" (Heizkörperanteil) Auswirkung auf die Heizkörperauswahl
- Vereinfachte hydraulische Berechnung, die Kreise sind druckunabhängig
- Keine Voreinstellung des TRV
- Einstellung der Rücklauftemperatur am Fühler des Durchflussbegrenzers gemäß den Systemmerkmalen
- Berechnung der Pumpenförderhöhe entsprechend dem Nenndurchfluss und dp-Bedarf des Durchflussbegrenzers
- Wärmemessung erforderlich

### Betrieb/Wartung

- Mindestlänge der Rohrleitung
- Höherer Förderhöhenbedarf (im Vergleich zu Zweirohrsystemen) aufgrund des minimalen Δp am Durchflussbegrenzer, höherer Druckverlust an der Rohrleitung, großes Δp am Heizkörperventil, wenn keine großen Kvs gewählt wurden
- Die Wärmeabgabe des Heizkörpers hängt aufgrund der variierenden Einlasstemperatur vom Teillastzustand ab
- Eine Optimierung* der Pumpenförderhöhe wird empfohlen (falls Regelung durch Pumpe mit variabler Drehzahl möglich)

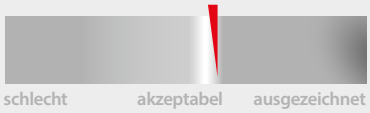
### Regelung

- Heizkörper-Thermostatventil hat kleinen Xp-Wert
- Durchflussbegrenzung im Kreis über QT bei steigender Rücklauftemperatur
- Der Durchflussbedarf des Kreises variiert je nach Teillastbedingung
- Hydraulische Regelung nur am Kreis, Abgleich bei Voll- und Teillast – gut
- Raumtemperaturschwankung* tritt auf

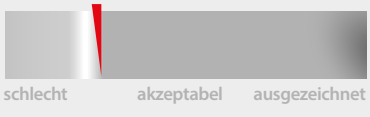
* siehe Seite 54–55

## Leistung

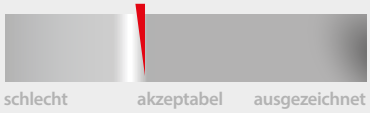
**Kapitalrendite**




**Design**



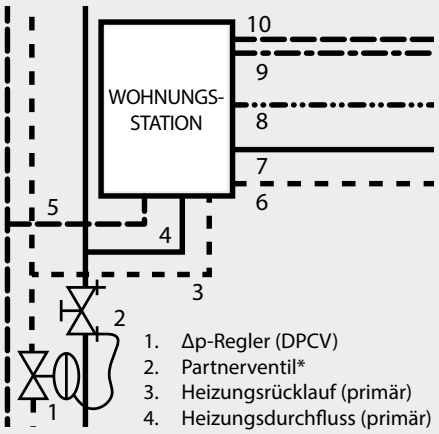

**Betrieb/Wartung**




**Regelung**

Empfohlen

# 1.2.3.1

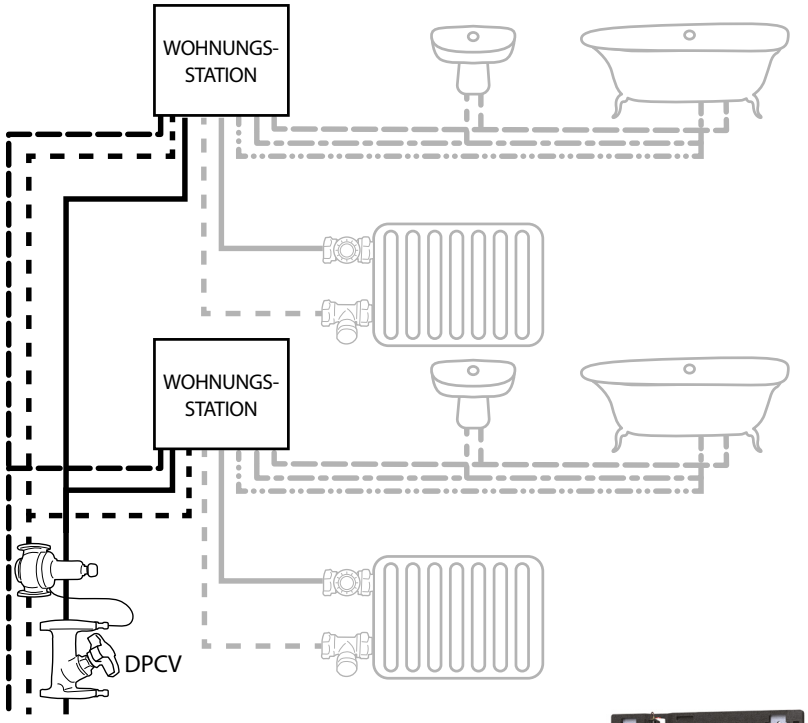



1. Δp-Regler (DPCV)
2. Partnerventil*
3. Heizungsrücklauf (primär)
4. Heizungsdurchfluss (primär)
5. Trinkkaltwasser (TKW) (primär)
6. Heizungsrücklauf (sekundär)
7. Heizungsdurchfluss (sekundär)
8. Zirkulation
9. Trinkwarmwasser (TWW) (sekundär)
10. Trinkkaltwasser (TKW) (sekundär)

In dieser Anwendung verwenden wir nur 3 Rohre (Heizungsvorlauf/-rücklauf und Kaltwasser) zum Heizen der Wohnungen und zur sofortigen Warmwasserbereitung* vor Ort (in der Wohnung). Wir sorgen für einen variablen Durchfluss*, Δp-Regelung für Heizsystem und Durchflussbegrenzung des Stranges unter Berücksichtigung der Gleichzeitigkeit

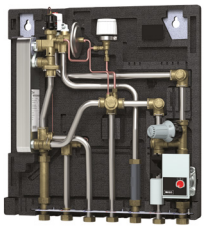
*Heating* ☑ *Cooling* ☐ *Wasserversorgung* ☑

## Wohnungsstation im 3-Rohr-System; Δp-geregelte Heizung und lokale Warmwasserbereitung*




***Danfoss-Produkte:***

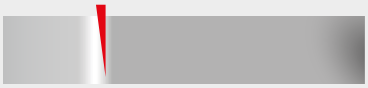
DPCV: ASV-PV + MSV-F2



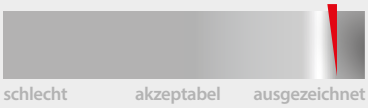
Wohnungsstation: Evoflat

## Leistung

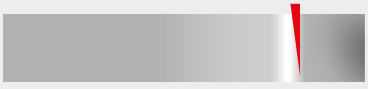
**Kapitalrendite**



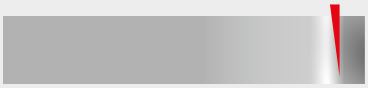

**Design**




**Betrieb/Wartung**




**Regelung**




## Erklärung

### Kapitalrendite

- Die Investitionskosten sind erheblich (Wohnungsstationen, MBV vor Wohnungen + Δp-Regelung in den Strängen), diese sollten jedoch unter Berücksichtigung der Gesamtinvestitionskosten berücksichtigt werden
- Weniger Rohrleitung und zusätzliche Ausrüstung (kein primäres TWW*-System), geringere Installationskosten
- Die Einregulierung* der MBV und die Einstellung der DPCV mit Durchflussbegrenzung ist erforderlich
- Pumpe mit variabler Drehzahl wird empfohlen (konstante Pumpenkennlinie)

### Design

- Spezielle hydraulische Berechnung ist für Rohrleitung notwendig: die Größe der Rohrleitung hängt auch vom Gleichzeitigkeitsfaktor ab
- Berechnung der Voreinstellung für TRV ist erforderlich
- Δp-Regler Strang: Δp-Einstellung (Wohnungsstation+Rohrleitung) + Durchflussbegrenzung gemäß Gleichzeitigkeitswirkung
- Die Wohnungsstation ist mit einem Δp-Regler zum Heizen ausgestattet
- Flache Pumpenkennlinie ist von Vorteil, reaktionsschnelle Drehzahlregelung FU* erforderlich (aufgrund sehr schneller Laständerungen im System infolge von TWW*-Schwankungen)

### Betrieb/Wartung

- Δp-geregeltes TRV sorgt für gute Raumtemperaturregelung
- Geringe Wärmeverluste am Primärrohr (ein heißes Rohr anstelle von zwei)
- Höherer Pumpenförderhöhenbedarf – hoher Δp-Bedarf an Wohnungsstation und zusätzlicher Druckverlust an Δp-Regler + Durchflussbegrenzer erforderlich
- Einfache Systemeinstellung und bedienerfreundliche Energiemessung
- Kein Problem mit Legionellen

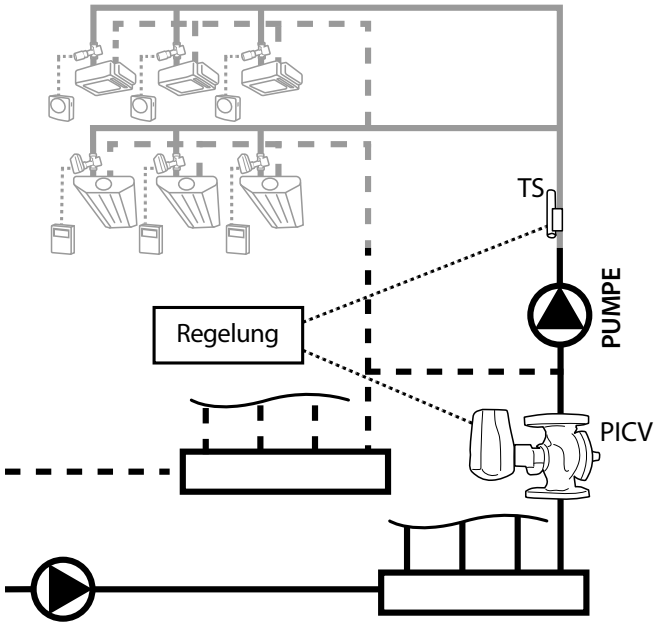
### Regelung

- Abgleich bei Voll- und Teillast sehr gut
- Energieeffiziente Lösung, geringer Wärmeverlust im System
- Hoher Komfort; TRV- und/oder zeitgesteuerte Regelung möglich
- Druckunabhängige Warmwasseraufbereitung*, Δp-geregelte Heizung, Durchflussbegrenzung am Strang

* siehe Seite 54–55

*Heating* ☑ *Cooling* ☑

# Mischen mit PICV – Verteiler mit Differenzdruck

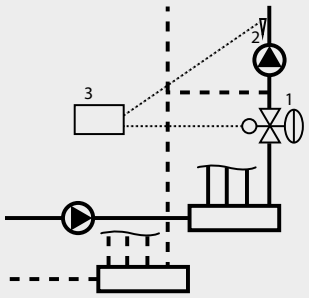



***Danfoss-Produkte:***

PICV: AB-QM + AME435QM

Empfohlen

2.1




1. Druckunabhängiges Regelventil (PICV)
2. Temperaturfühler (TS)
3. Regelung

Unabhängig von Druckschwankungen im System liegt der richtige Durchfluss für die Temperaturregelung der Sekundärseite vor. Das PICV-Ventil sorgt für die gemischte/geregelte Vorlauftemperatur, die von der Sekundärpumpe umgewälzt wird. Die Primärpumpe sorgt für die erforderliche Druckdifferenz bis zu den Mischpunkten einschließlich des Δp-Bedarfs des PICV.

Die einzelnen Endgeräte sollten je nach Anwendung in Kapitel 1 oder 2 geregelt werden. Eine Möglichkeit ist in der Zeichnung dargestellt.

## Erklärung

### Kapitalrendite
- Minimale Anzahl von Komponenten – kein MBV erforderlich
- Geringe Installationskosten
- Primärpumpen zur Deckung des Δp-Bedarfs bis zu Mischpunkten erforderlich
- MBV wird auf der Sekundärseite benötigt, wenn keine Drehzahlregelung FU* oder keine Druckstabilisierung vorhanden ist
- Abgleich auf der Sekundärseite ist erforderlich
- Drehzahlregelung FU auf der Primärseite wird empfohlen

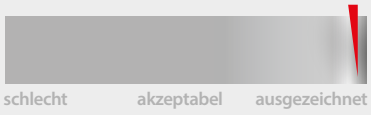
### Design
- Einfache PICV-Auswahl anhand der Durchflussanforderungen
- Die PICV-Ventilgröße kann kleiner sein, wenn die Sekundärtemperatur niedriger als die Primärtemperatur ist
- Perfekter hydraulischer Abgleich und perfekte Regelung bei allen Lasten
- Für die Auswahl der Primärpumpe sollte der minimale verfügbare Δp-Bedarf am Ventil herangezogen werden
- Eine proportionale Primärpumpenregelung kann verwendet werden

### Betrieb/Wartung
- Vereinfachte Konstruktion durch Reduzierung der Komponenten
- Kein Abgleich erforderlich, nur das Einstellen des Durchflusses am PICV
- In der Bypass-Leitung wird ein Rückschlagventil empfohlen, um einen Rückfluss zu verhindern, wenn die Sekundärpumpe stoppt
- Flexible Lösung; die Einstellung der Durchflussrate hat keinen Einfluss auf die anderen Mischkreise
- Geringe Betriebs- und Instandhaltungskosten

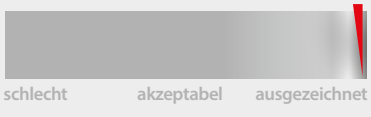
### Regelung
- Volle Autorität* des Regelventils, präzise Regelung der Sekundärwassertemperatur
- Keine Überversorgung*
- Druckunabhängige Lösung, keine Beeinflussung durch Druckschwankungen im System
- Das lineare Systemverhalten stimmt mit der linearen PICV-Kennlinie überein
- Raumtemperaturschwankung* tritt auf

## Leistung

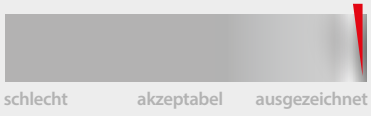
**Kapitalrendite**



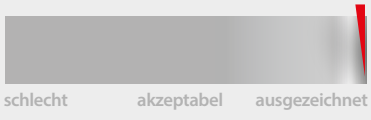

**Design**




**Betrieb/Wartung**




**Regelung**



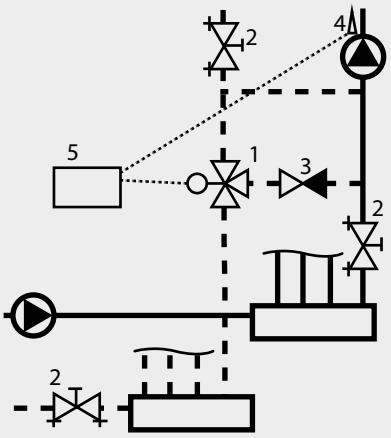

* siehe Seite 54–55

Akzeptabel

# 2.2

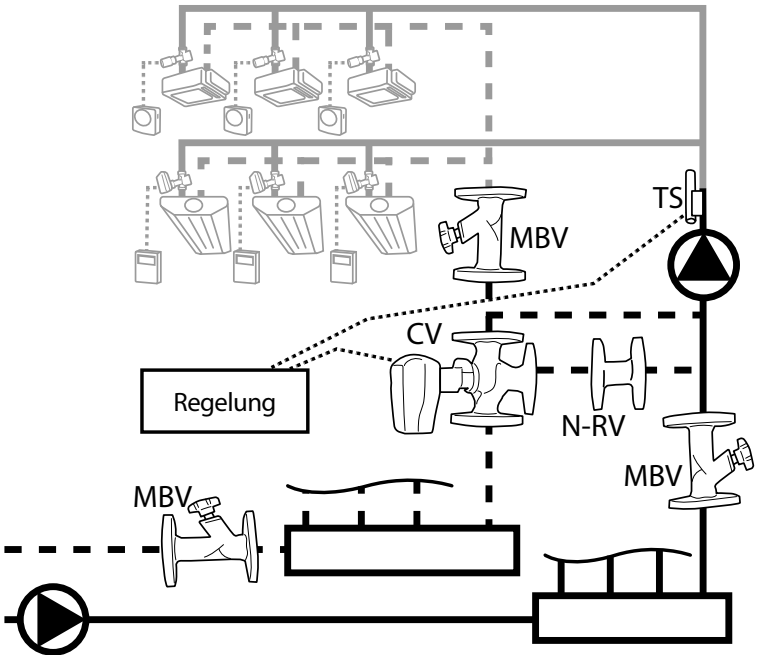
*Heating* ☑ *Cooling* ☑

## Einspritzung (konstanter Durchfluss) mit 3-Wegeventil




1. 3-Wege-Regelventil (CV)
2. Manuelles Abgleichventil (MBV)
3. Rückschlagventil (N-RV)
4. Temperaturfühler (TS)
5. Regelung

Das 3-Wegeventil regelt den Durchfluss, um die erforderliche Temperatur auf der Sekundärseite sicherzustellen. Die Umwälzpumpe und das MBV auf der Sekundärseite werden benötigt, um ein Mischen und (normalerweise) einen konstanten Durchfluss* durch den Kreis zu gewährleisten (z. B. mit Strahlungsheizung). Ein 3-Wegeventil und MBV werden im Primärkreis verwendet, um eine ordnungsgemäße Temperaturregelung für den Kreis und den Abgleich der Kreisläufe sicherzustellen. Es sollte nur bei großen Temperaturunterschieden zwischen Primär- und Sekundärkreis verwendet werden.



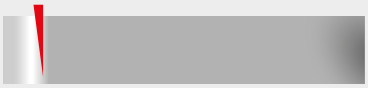

*Danfoss-Produkte:*

CV: VF3 + AME435

Manuelle Strangventile: MSV-F2

## Leistung

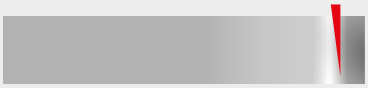
**Kapitalrendite**




**Design**

**Betrieb/Wartung**

**Regelung**




## Erklärung

### Kapitalrendite

- Sehr hohe Kosten: 3-Wegeventil + 2 x MBV für Abgleich und Regelung (Partnerventil* für die Pumpe wird für die Einstellung der Pumpenförderhöhe benötigt)
- Mehr Ventile führen zu höheren Installationskosten
- Beide MBV müssen abgeglichen werden
- Auf der Primärseite ist keine Drehzahlregelung FU* erforderlich, da der Durchfluss konstant* ist

### Design

- Das 3-Wegeventil hat aufgrund des geringen Druckabfalls im Primärnetz eine gute Autorität*
- Das 3-Wegeventil sollte entsprechend der Durchflussrate der Primärseite dimensioniert sein
- Die Berechnung der Kv- und Durchflusseinstellung des MBV ist für die Durchflusseinstellung von wesentlicher Bedeutung
- MBV wird anhand des Bedarfs bei Volllast berechnet und gilt für alle Systemlasten

### Betrieb/Wartung

- Komplizierte Systemeinrichtung mit vielen Ventilen und hoher Aufwand beim Abgleich
- Geringe Durchflussänderungen während der Teillast aufgrund der guten Autorität* des 3-Wegeventils
- Einfacher Abgleich des sekundären MBV, aber komplexer Abgleich auf der Primärseite erforderlich
- In der Bypass-Leitung wird ein Rückschlagventil empfohlen, um einen Rückfluss zu verhindern, wenn die Sekundärpumpe stoppt
- Bei einem geringen sekundären Energiebedarf sinkt ΔT im Primärkreislauf
- Keine Möglichkeit zur Energieeinsparung* an der Pumpe aufgrund des konstanten Durchflusses*

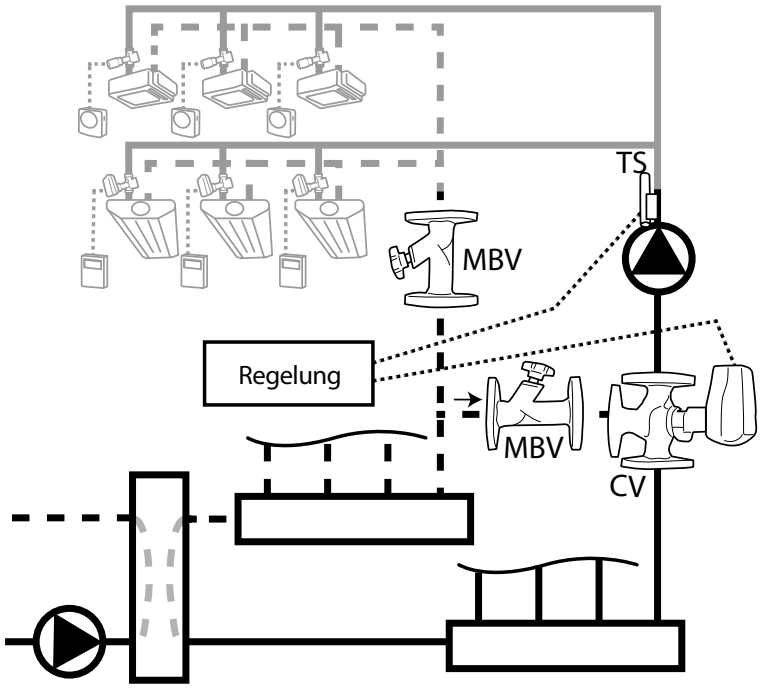
### Regelung

- Gute Regelung dank hoher Autorität* des Regelventils
- Konstanter Durchfluss, also keine Druckschwankungen. Daher gibt es keine Beeinflussung zwischen den Kreisen
- Geringe Temperaturspreizung (ΔT)* bei der Kühlung
- Nur empfohlen, wenn die Sekundärvorlauftemperatur deutlich niedriger als die Primärtemperatur ist

* siehe Seite 54–55

*Heating* ☑ *Cooling* ☑

# Mischen mit 3-Wegeventil – Verteiler ohne Differenzdruck (drucklos)



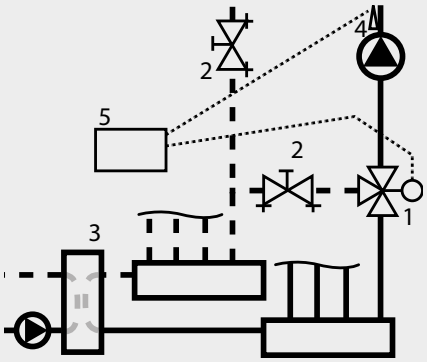

*Danfoss-Produkte:*

CV: VF3 + AME435

Manuelle Strangventile: MSV-F2

Nicht empfohlen

## 2.3




1. 3-Wege-Regelventil (CV)
2. Manuelles Abgleichventil (MBV)
3. Entkoppler (Weiche)
4. Temperaturfühler (TS)
5. Regelung

Das 3-Wegeventil regelt die Vorlauftemperatur auf der Sekundärseite. Dieser Aufbau ermöglicht unterschiedliche Durchflussraten in den Primär- und Sekundärkreisen. Die Sekundärpumpe fördert das Wasser durch das System, einschließlich Verteiler und Entkoppler (Weiche). Die Primärpumpe befindet sich vor dem Entkoppler, es gibt keinen Druckunterschied zwischen den Verteilern.

Die einzelnen Endgeräte sollten je nach Anwendung in Kapitel 1 oder 2 geregelt werden. Eine Möglichkeit ist in der Zeichnung dargestellt.

## Erklärung

### Kapitalrendite
- 3-Wegeventil und MBV erforderlich; mehr Ventile führen zu höheren Installationskosten
- Der Abgleich des MBV ist wichtig
- Die Sekundärseite sollte mit einem Frequenzumrichter (variabler Durchfluss) ausgestattet sein
- Abgleich der Sekundärseite erforderlich
- Die Regelung der Primärpumpe sollte nach Möglichkeit über die Rücklauftemperatur erfolgen, was zu zusätzlichen Kosten für die Regelung führt

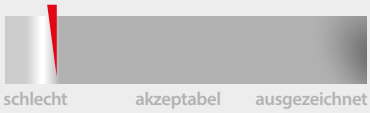
### Design
- Einfache Dimensionierung des 3-Wegeventils (50 % der Pumpenförderhöhe sollten über dem Regelventil abfallen)
- Eine lineare Kennlinie des 3-Wegeventils mit Stellantrieb ist erforderlich
- Kv- und Voreinstellungsberechnung für MBV sind wichtig für die Kompensation von Δp-Schwankungen zwischen der Bypass-Leitung und dem Verteilerkreis in Richtung Entkoppler (Weiche)
- Die Sekundärpumpe muss den Δp-Bedarf vom und zum Entkoppler decken

### Betrieb/Wartung
- Komplizierte Systemeinrichtung mit mehreren Ventilen und ein Abgleich der MBV ist erforderlich
- Für einen stabilen Betrieb des 3-Wegeventils müssen die Ventilautorität* und das Bereichsverhältnis berücksichtigt werden
- Wenn die Primärpumpe nicht geregelt wird, wird das Wasser während der Teillast unnötig zurückgeführt
- Geringe Energieeffizienz aufgrund geringem ΔT und hohem Förderhöhenbedarf an Primärpumpe

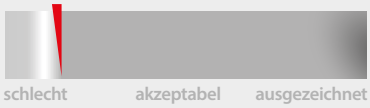
### Regelung
- Gute Regelung, wenn die Ventilautorität* 50 % oder mehr* beträgt
- Sehr geringe Überversorgung* auf der Sekundärseite
- Die Mischkreise sind druckunabhängig
- Die Primärpumpe kann das Problem der geringen Temperaturspreizung (ΔT)* nicht ordnungsgemäß regeln
- Das lineare Systemverhalten wird mit einer linearen 3-Wegeventilkennlinie kombiniert, sodass die Temperatur stabil geregelt werden kann

## Leistung

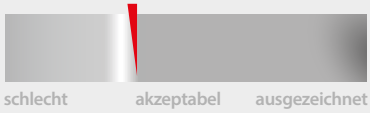
**Kapitalrendite**



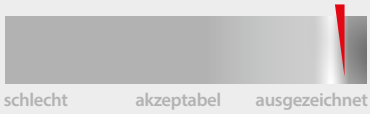

**Design**




**Betrieb/Wartung**



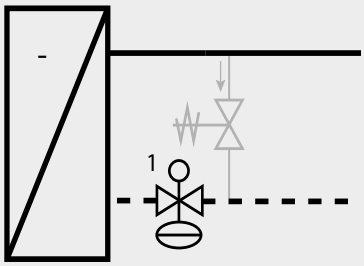

**Regelung**




* siehe Seite 54–55

Empfohlen

# 3.1.1




1. Druckunabhängiges Regelventil (PICV)

Ein PICV wird verwendet, um das Klimagerät (AHU) so zu regeln, damit unabhängig von Druckschwankungen im System der richtige Durchfluss sichergestellt wird. Es ist anwendbar, wenn Δp für PICV verfügbar ist. Es wird empfohlen, vor dem PICV (hellgrau) einen Bypass zu verwenden, um auch bei Teillast eine ordnungsgemäße Vorlauftemperatur zu gewährleisten, wenn im Klimagerät (AHU) überhaupt keine Zirkulation vorhanden ist. Es können verschiedene Typen von Bypass-Regelungen verwendet werden. (siehe Seite 38).

## Leistung

**Kapitalrendite**

schlecht akzeptabel ausgezeichnet

**Design**

schlecht akzeptabel ausgezeichnet

**Betrieb/Wartung**

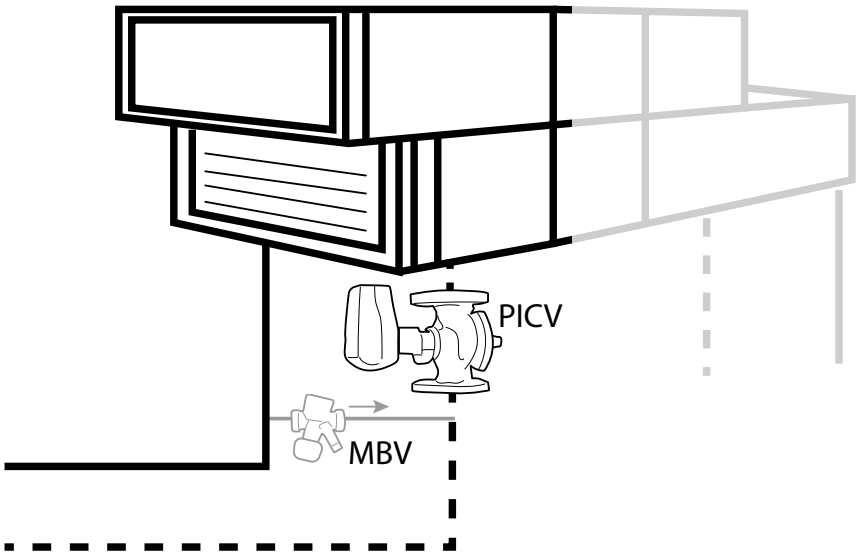
schlecht akzeptabel ausgezeichnet

**Regelung**

schlecht akzeptabel ausgezeichnet

*Heating* ☐ *Cooling* ☑

# Druckunabhängiges Regelventil (PICV) für die Kühlung




*Danfoss-Produkte:*

PICV: AB-QM + AME435QM

## Erklärung

### Kapitalrendite
- Minimale Anzahl von Komponenten, da auf der Primärseite kein MBV und/oder Partnerventile* erforderlich sind. Die Installationskosten sind folglich niedriger
- Minimale Reklamationskosten dank perfektem Abgleich bei allen Lasten
- Kein Abgleich* erforderlich
- Energieeffizient durch ordnungsgemäßes ΔT im System

### Design
- Einfache Auswahl der Ventile nur anhand der Durchflussanforderungen
- Keine Kv-Berechnungen oder Berechnungen der Ventilautorität* erforderlich. Die Berechnung der Durchfluss-Voreinstellung basiert auf dem Durchflussbedarf
- Perfekter Abgleich bei allen Lasten
- Proportionale Pumpenregelung wird empfohlen.
- Für die Auswahl der Primärpumpe sollte der minimale verfügbare Δp-Bedarf am Ventil herangezogen werden

### Betrieb/Wartung
- Vereinfachte Konstruktion durch reduzierte Anzahl von Komponenten
- Eine einmalige Einstellung genügt – keine komplizierten Abgleichverfahren für die Primärseite erforderlich
- Geringe Betriebs- und Instandhaltungskosten

### Regelung
- Perfekte Regelung durch volle Ventilautorität*
- Keine Überversorgung*
- Druckunabhängige Lösung, keine Beeinflussung durch Druckschwankungen irgendwo im System
- Keine geringe Temperaturspreizung (ΔT)*
- Stabile Temperaturregelung ohne Aufschwingen des Ventils

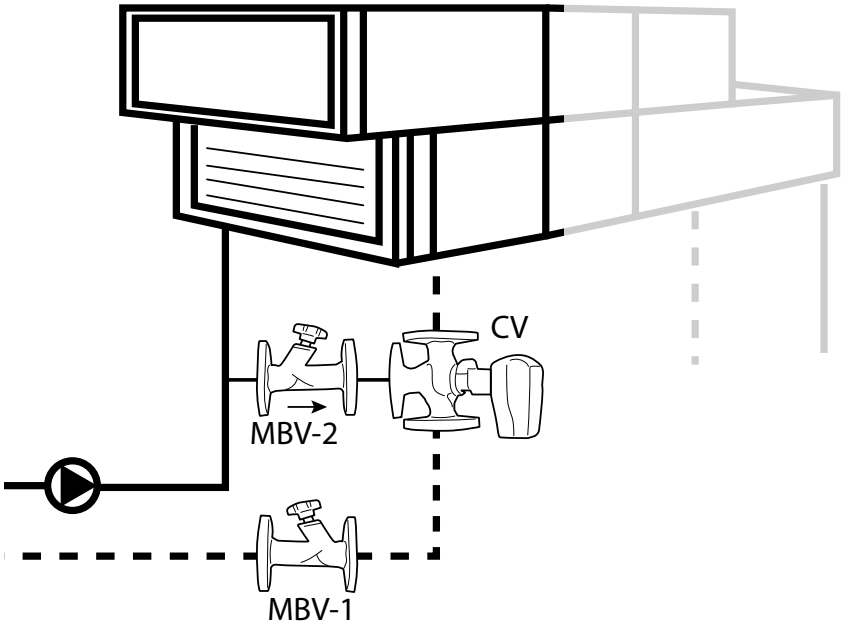
* siehe Seite 54–55

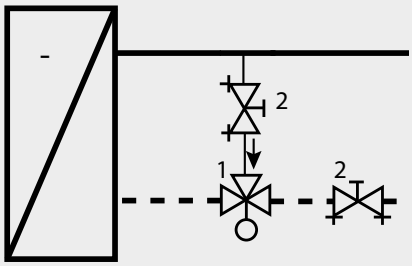
*Heating* ☐ *Cooling* ☑

# 3-Wegeventil-Regelung für die Kühlung

Nicht empfohlen

3.1.2



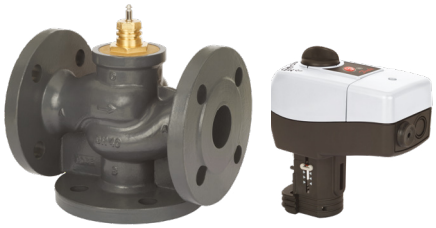




1. 3-Wege-Regelventil (CV)
2. Manuelles Abgleichventil (MBV)

Üblich ist die Regelung der Raumtemperatur auf der Grundlage der Regelung der Zuluft zum Raum. Dies kann mit einem 3-Wegeventil erfolgen. Im Bypass wird ein MBV benötigt, um die Differenz zwischen dem Druckabfall von Klimagerät (AHU) und dem Bypass auszugleichen. Zusätzlich wird im Primärkreis ein MBV benötigt, um die Klimageräte (AHU) abgleichen zu können. Die Durchflussrate auf der Primärseite ist jederzeit nahezu konstant

***Danfoss-Produkte:***

MBV-1: MSV-F2



CV: VF3 + AME435

## Erklärung

### Kapitalrendite

- Es werden viele Komponenten benötigt: ein 3-Wegeventil und 2 Strangabgleichventile sowie zusätzliche Partnerventile für die Einregulierung* in einem größeren System
- Extrem hohe Betriebskosten, sehr ineffizient
- Der Durchfluss ist nahezu konstant, es wird keine Drehzahlregelung FU angewendet
- Bei Teillast sehr geringes ΔT im System, sodass Kühler mit sehr geringem Wirkungsgrad laufen

### Design

- Eine Kvs-Berechnung ist erforderlich, desgleichen eine Berechnung der Ventilautorität* für das 3-Wegeventil
- Voreinstellung von MBV für den ordnungsgemäßen Betrieb und die Regelung des Systems von entscheidender Bedeutung
- Das Bypass-MBV muss berechnet werden, um den Druckabfall des Endgeräts auszugleichen; andernfalls treten große Überversorgungen bei Teillasten auf, die zur Unterversorgung des Endgeräts und Energieeffizienz führen
- Für eine ordnungsgemäße Regelung von geringen Durchflussmengen am 3-Wegeventil ist ein hohes Stellverhältnis (min. 1:100) erforderlich

### Betrieb/Wartung

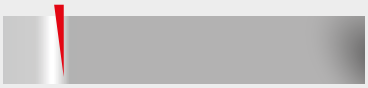
- Die Einregulierung der Anlage ist erforderlich
- Der hydraulische Abgleich bei Voll- und Teillast ist akzeptabel
- Erheblicher Energieverbrauch der Pumpe durch Betrieb mit konstantem Durchfluss
- Hoher Energieverbrauch (niedriges ΔT)

### Regelung

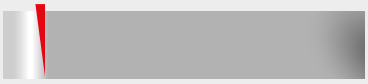
- Gute Regelung bei ~50 % Autorität* am 3-Wegeventil
- Konstanter Durchfluss, keine Druckschwankungen, folglich keine Beeinflussung unter den Klimageräten (AHU)
- Geringe Temperaturspreizung (ΔT)*
- Die Raumtemperaturregelung ist zufriedenstellend...
- … allerdings setzt ein hoher Energieverbrauch infolge eines geringen ΔT den Wirkungsgrad des Kühlers herab, und konstantes Pumpen verbraucht mehr Strom

## Leistung

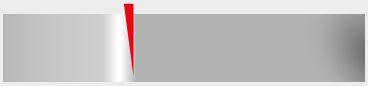
**Kapitalrendite**



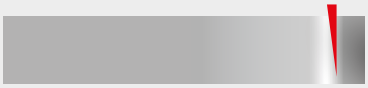

**Design**




**Betrieb/Wartung**




**Regelung**



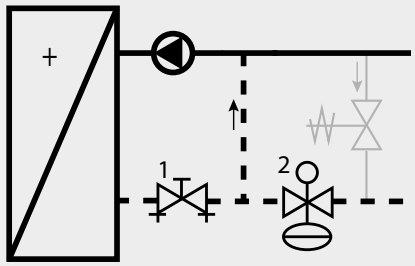

* siehe Seite 54–55

Empfohlen

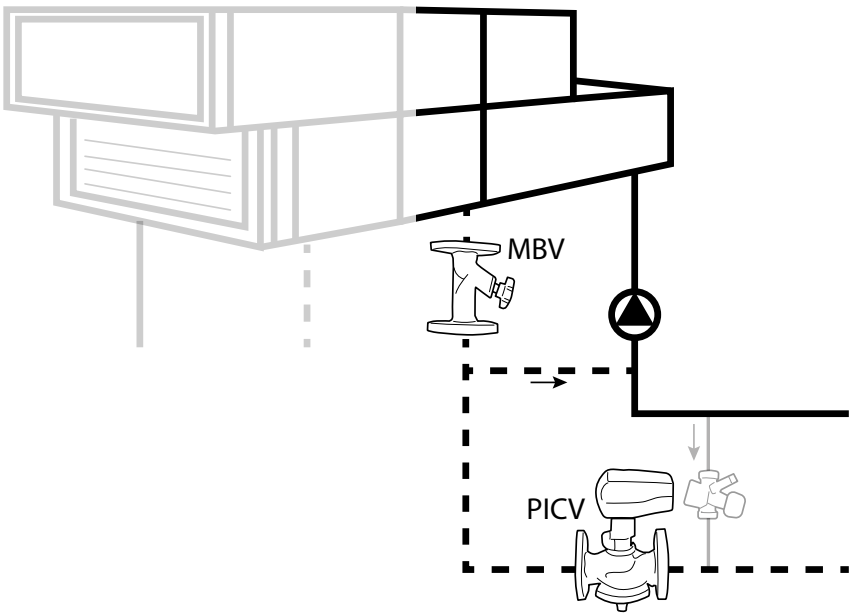
# 3.2.1

*Heating* ☑ *Cooling* ☐

## Druckunabhängiges Regelventil (PICV) für die Heizung




1. Druckunabhängiges Regelventil (PICV)
2. Manuelles Abgleichventil (MBV)




Ein PICV wird verwendet, um das Klimagerät (AHU) so zu regeln, damit unabhängig von Druckschwankungen im System der richtige Durchfluss sichergestellt wird. Es ist anwendbar, wenn Δp für PICV verfügbar ist. Eine Umwälzpumpe und ein MBV werden benötigt, um einen konstanten Durchfluss* durch den Heiz-Wärmetauscher zu gewährleisten und so ein Einfrieren der Wärmetauschers zu vermeiden. Es wird empfohlen, vor dem PICV (hellgrau) einen Bypass (an der letzten AHU im Kreislauf)
zu verwenden, um auch bei Teillast eine ordnungsgemäße Vorlauftemperatur zu gewährleisten, wenn in der AHU überhaupt keine Zirkulation vorhanden ist.

Es können verschiedene Typen von Bypass-Regelungen verwendet werden. (siehe Seite 38).

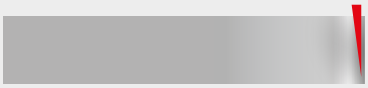
*Danfoss-Produkte:*

Manuelle Strangventile: MSV-F2

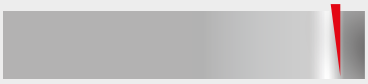
PICV: AB-QM + AME435QM

## Leistung

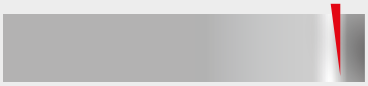
**Kapitalrendite**



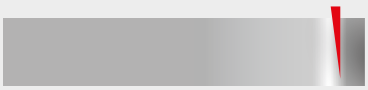

**Design**




**Betrieb/Wartung**




**Regelung**




## Erklärung

### Kapitalrendite

- Minimale Anzahl von Komponenten (auf der Primärseite kein MBV und Partnerventile* erforderlich). Die Installationskosten sind folglich niedrig
- Minimale Reklamationskosten dank perfektem Abgleich bei allen Lasten
- Keine aufwendige Einregulierung* erforderlich (nur MBV-Einstellung für die Einstellung des Nenndurchflusses an der Pumpe)
- Effizienter Einsatz des Kessels durch ordnungsgemäßes ΔT im System

### Design

- Einfache Auswahl der Ventile nur anhand der Durchflussanforderungen
- Keine Kv- oder Autoritätsberechnungen* erforderlich. Die Berechnung der Durchflussvoreinstellung basiert auf dem Durchflussbedarf
- Die proportionale Primärpumpenregelung ist anwendbar. Pumpe ohne Regelung auf der Sekundärseite
- Für die Auswahl der Primärpumpe sollte der minimale verfügbare Δp-Bedarf am Ventil herangezogen werden
- Die PICV-Ventilgröße kann kleiner sein, wenn die Sekundärvorlauftemperatur niedriger als die Primärtemperatur ist
- Der Einsatz des SMART-Stellantriebs* ermöglicht zusätzliche Anschlüsse von Peripheriegeräten zur Energiemessung, Energiemanagement usw.

### Betrieb/Wartung

- Vereinfachte Konstruktion durch Reduzierung der Komponenten
- Eine einmalige Einstellung genügt – keine komplizierten Abgleichverfahren für die Primärseite erforderlich
- Einfache MBV-Einstellung auf der Sekundärseite
- Geringe Betriebs- und Instandhaltungskosten
- Sekundärpumpe trägt zum Frostschutz bei (einfache Anwendung auch mit dem SMART-Stellantrieb*)

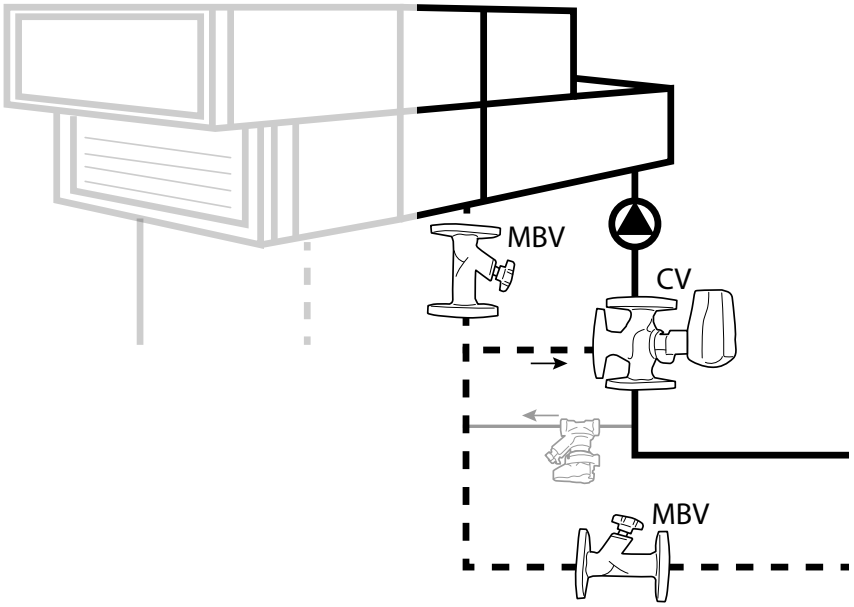
### Regelung

- Perfekte Regelung durch volle Ventilautorität*, keine Überversorgung*
- Druckunabhängige Lösung, keine Beeinflussung durch Druckschwankungen* irgendwo im System
- Stabile* Lufttemperaturregelung im Klimagerät (AHU) ohne Schwankungen
- I/O-Anschlüsse zum SMART-Stellantrieb* können für zusätzliche Regelungsfunktionen des Klimageräts (AHU) verwendet werden

* siehe Seite 54–55

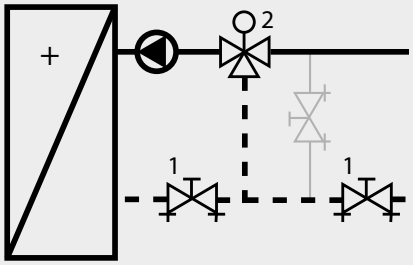
*Heating* ☑ *Cooling* ☐

# 3-Wegeventilregelung zum Heizen




Nicht empfohlen

3.2.2



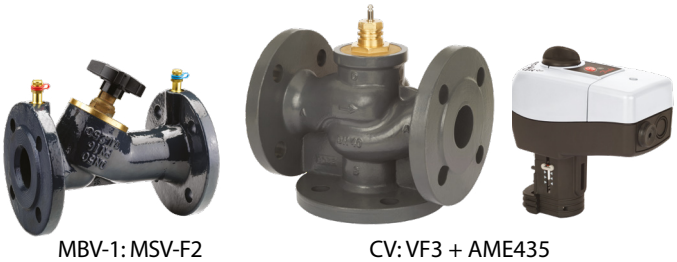

1. 3-Wege-Regelventil (CV)
2. Manuelles Abgleichventil (MBV)

Üblich ist die Regelung der Raumtemperatur auf der Grundlage der Regelung der Zuluft zum Raum. Dies kann mit einem 3-Wegeventil erfolgen. Eine Umwälzpumpe und ein MBV werden benötigt, um einen konstanten Durchfluss* durch den Heiz-Wärmetauscher zu gewährleisten und so ein Einfrieren des Wärmetauschers zu vermeiden. Zusätzlich wird im Primärkreis ein MBV benötigt, um die Klimageräte (AHU) abgleichen zu können.

Ein Bypass an der am weitesten entfernten Einheit wird empfohlen, um ein Abkühlen des Rohrs bei geringen Lasten zu verhindern.

Es können verschiedene Typen von Bypass-Regelungen verwendet werden, siehe Anwendung 2.3.1

***Danfoss-Produkte:***



MBV-1: MSV-F2

CV: VF3 + AME435

## Erklärung

### Kapitalrendite

- Es werden ein 3-Wegeventil und 2 MBV für Abgleich und Regelung sowie Strangventile in einem größeren System zum Abgleich benötigt
- Mehr Ventile führen zu höheren Installationskosten
- Beide MBV müssen abgeglichen werden
- Aufgrund der geringen Autorität* des 3-Wegeventils sind Reklamationskosten zu erwarten

### Design

- Die Dimensionierung des 3-Wegeventils sollte bei niedrigerem ΔT entsprechend der Durchflussrate auf der Sekundärseite erfolgen
- Die Berechnung der Kv- und Durchflusseinstellung des MBV ist von wesentlicher Bedeutung
- Die Voreinstellung des primärseitigen MBV gilt nur bei Volllast, bei Teillast tritt Überversorgung auf
- Die Sekundärpumpen benötigen keine Drehzahlregelung FU*, da sie bei allen Lasten unter Volllast laufen

### Betrieb/Wartung

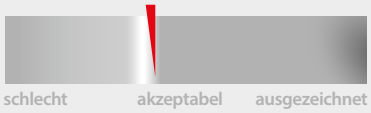
- Komplizierte Systemeinrichtung mit mehreren Ventilen und hohem Aufwand für den Abgleich
- Es kann zum Aufschwingen des 3-Wegeventils kommen, was die Lebensdauer des Ventils verkürzt
- Einfache MBV-Einstellung auf der Sekundärseite
- Überversorgung reduziert die Energieeffizienz
- Die Einregulierung der Primärseite ist unerlässlich

### Regelung

- Schlechte Regelfähigkeit bei geringen Teillasten
- Überversorgung* kann je nach Autorität* des 3-Wegeventils auftreten
- Keine druckunabhängige Lösung, daher schwankt der verfügbare Druck am 3-Wegeventil auf der Primärseite stark
- Inakzeptable Temperaturregelung bei geringen Lasten

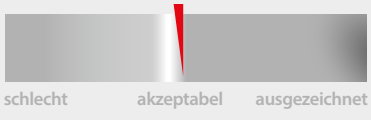
## Leistung

**Kapitalrendite**

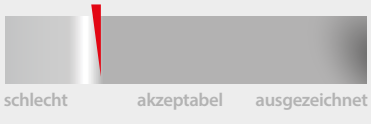



**Design**

**Betrieb/Wartung**



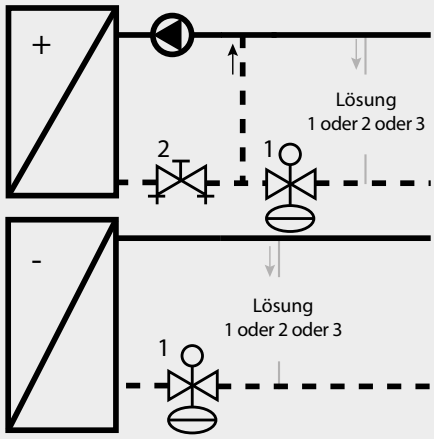

**Regelung**




* siehe Seite 54–55

## Empfohlen

# 3.3




1. Druckunabhängiges Regelventil (PICV)
2. Manuelles Abgleichventil (MBV)

PICV+QT: AB-QT

PICV: AB-QM 4.0 + NOVOCON S.

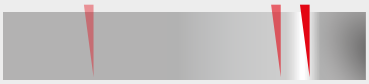
Manuelle Strangventile: MSV-BD

AVTA

## Leistung

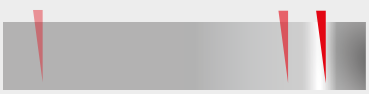
**Kapitalrendite**

**Design**




**Betrieb/Wartung**

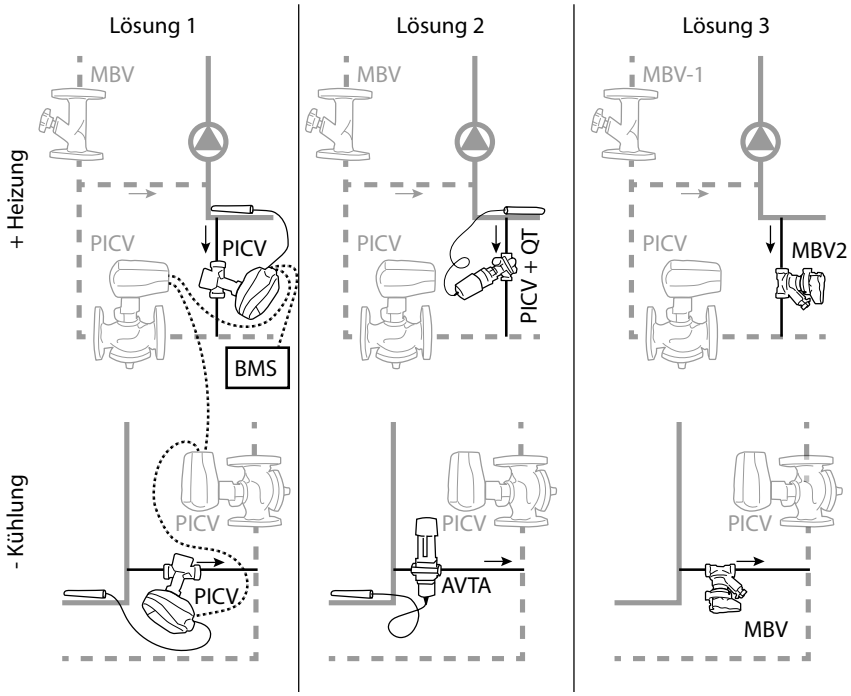
**Regelung**




PIVC mit BMS-Konnektivität
mit QT
Manuelle Strangventile

*Heating* ☑ *Cooling* ☑

# Halten Sie im Teillastzustand die ordnungsgemäße Vorlauftemperatur vor dem Klimagerät (AHU)




Bei Installationen mit variablem Durchfluss* ist es möglich, dass das Wasser im System eine so niedrige Durchflussgeschwindigkeit hat, dass es sich erwärmt (Kühlung) oder abkühlt (Heizung) und es eine Weile dauert, bis die AHU mit dem Kühlen oder Heizen beginnen kann. In solchen Fällen wird empfohlen, an der am weitesten entfernten Einheit einen Bypass zu installieren, um die Temperatur im System aufrechtzuerhalten. Es können verschiedene Typen* von Bypass-Regelungen verwendet werden. Dies sind die verfügbaren Optionen:

1) Ein an das BMS-System angeschlossenes PICV – optionaler SMART-Stellantrieb* zur Senkung des Hardwarebedarfs,
2) Selbsttätige Regelungen, entweder ein PICV und QT-Fühler (Heizung) oder ein AVTA (Kühlung),
3) Ein MBV mit konstantem Durchfluss*

## Erklärung

### Kapitalrendite

- Nur kleine Ventilgrößen erforderlich
- Eine Verringerung der Komplexität (von Lösung 1–3) führt zu Kostensenkungen, mindert jedoch auch die Energieeffizienz
- Für Option 3 ist ein Abgleich* erforderlich, für 1 und 2 ist nur die Einstellung des Durchflusses oder der Temperatur erforderlich
- Lösung 1 erfordert zusätzliche Verkabelung und zusätzliche Programmierung im BMS

### Design

- Die Berechnung des Durchflussbedarfs basiert auf dem Wärmeverlust/-gewinn im zugehörigen Rohrnetz
- Für 1 und 2 wird ein einfaches Ventil basierend auf der Durchflussrate ausgewählt. Für Option 3 ist eine vollständige Kv- und Voreinstellungsberechnung erforderlich
- Für Option 1 und 2 ist nur die Einstellung von Durchfluss/Temperatur erforderlich. Für Option 3 ist ein Abgleich erforderlich
- Option 1 und 2 ermöglichen nur den minimalen Durchfluss, der zur Aufrechterhaltung der Temperatur erforderlich ist. Option 3 hat unabhängig von der Systemlast immer einen Durchfluss.
- Der verfügbare Druck wird durch den Bedarf an das PICV des Klimageräts (AHU) definiert

### Betrieb/Wartung

- Die genaue Vorlauftemperatur kann unabhängig von der Systemlast geregelt werden
- Aufgrund des Xp-Bandes des selbsttätig wirkenden Reglers ist eine gewisse Ungenauigkeit der Temperatur zu erwarten
- Immer offener Bypass, der Durchfluss ändert sich – trotz Abgleich – entsprechend den durch Teillasten verursachten Δp-Schwankungen
- Option 1 und 2 sind aufgrund des minimalen Durchflusses energieeffizienter als Option 3

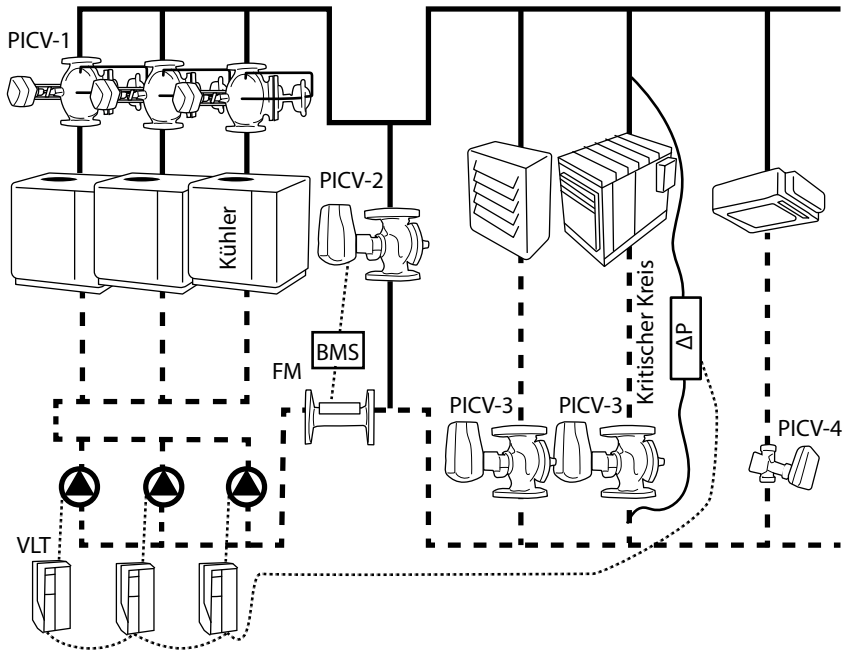
### Regelung

- 1 und 2 weisen aufgrund der Druckunabhängigkeit einen perfekten hydraulischen Abgleich und eine perfekte Regelung auf
- 3 hat während der meisten Systemlasten einen unnötig hohen Durchfluss durch den Bypass
- Begrenztes Problem einer geringen Temperaturspreizung (ΔT)* in Anw. 1–2, während das ΔT in System 3 erheblich kleiner ist
- Die BMS-Konnektivität sorgt für eine stabile Vorlauftemperaturregelung, und der Smart-Stellantrieb kann weitere Funktionen wie ein Δp-Signal zur Pumpenoptimierung* hinzufügen
- Geringster Energieverbrauch

* siehe Seite 54–55

*Heating* ☐ *Cooling* ☑

# Variabler Primärdurchfluss




Für ein System mit variablem Durchfluss* gilt dies als das effizienteste System für den thermischen Betrieb eines Gebäudes. Die Kühler können mehrere drehzahlgeregelte Verdichter haben.

Dieses System verfügt über einen variablen Primär- (und Sekundär-) Kreislauf, in dem keine Sekundärpumpen vorhanden sind. Der Bypass dient zur Regelung des Mindestdurchflusses für die Kühler im Teillastbetrieb.

Die Kühler können entsprechend der optimalen Effizienz der Kühler bei einer bestimmten Last abgestuft werden. Der entsprechende Durchfluss durch die Kühler wird von speziellen PICVs im Kühlerkreis geregelt.

## Erklärung

### Kapitalrendite
- Es sind teurere Kühler mit variabler Drehzahl erforderlich
- Beste Kapitalrendite in Kombination mit PICV auch auf der Sekundärseite
- Bypass mit PICV und Durchflussanzeige für die Bypass-Regelung erforderlich
- PICV zur Einstellung, Isolierung und Regelung des Durchflusses gemäß den Kühlern. Ein MBV + Absperrventil ist eine alternative Lösung für den Fall, dass Kühler die gleiche Größe haben

### Design
- PICV-Auswahl und Durchflusseinstellung entsprechend dem maximalen Durchflussbedarf der Kühler
- Bypass-Ventil wird entsprechend der Mindestdurchflussanforderung des Kühlers dimensioniert
- Zur Maximierung der Effizienz wird ein PICV empfohlen, das in jedem Endgerät auf der Sekundärseite installiert ist
- Drehzahlregelung FU* mit einem Δp-Fühler am kritischen Punkt ist obligatorisch
- Zusätzliche Pumpen können hinzugefügt werden, um die Betriebssicherheit zu gewährleisten

### Betrieb/Wartung
- Einfache und transparente Konstruktion
- Einfache Einregulierung nur durch Durchflusseinstellung. Optimierung* der Pumpenförderhöhe wird empfohlen
- Die Isolierung (inkl. PICV) ist wichtig für die Kühler, die nicht in Betrieb sind

### Regelung
- Eine Primärpumpenregelung basierend auf dem Δp-Signal der kritischen Einheit wird empfohlen, um den Energieverbrauch zu minimieren
- Die Bypass-Regelung gewährleistet auf Grundlage des Signals der Durchflussanzeige den minimalen Durchfluss, der für den Betrieb des Kühlers erforderlich ist
- Geringes Risiko einer geringen Temperaturspreizung (ΔT)*. Kühler mit variabler Drehzahl können geringe Durchflussmengen bewältigen, weshalb sich der Bypass selten öffnet
- Höchster Wirkungsgrad im Vergleich zu anderen Kühlwassersystemen
- Zur Maximierung der Effizienz ist eine erweiterte Regellogik für Kühler erforderlich

* siehe Seite 54–55

Empfohlen

4.1

*Danfoss-Produkte:*

PICV – Druckunabhängiges Regelventil

PICV-1: AB-QM + AME 655

PICV-2,3: AB-QM + AME435QM

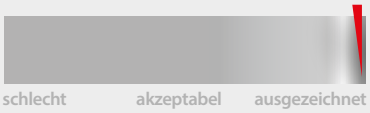
PICV-4: AB-QM 4.0 + AME 110

VLT®HVAC Drive FC102

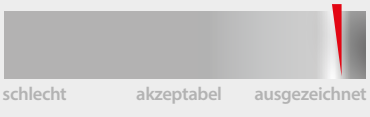
Durchflussanzeige FM: SonoMeterS

## Leistung

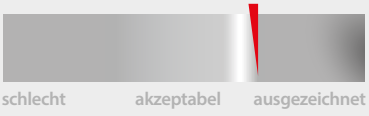
**Kapitalrendite**



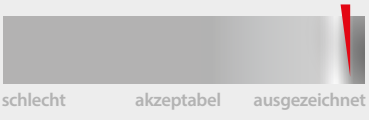

**Design**




**Betrieb/Wartung**




**Regelung**



Empfohlen

# 4.2

*Heating* ☐ *Cooling* ☑

## Konstanter Primärkreislauf und variabler Sekundärkreislauf (Stufenweise Primär)

***Danfoss-Produkte:***

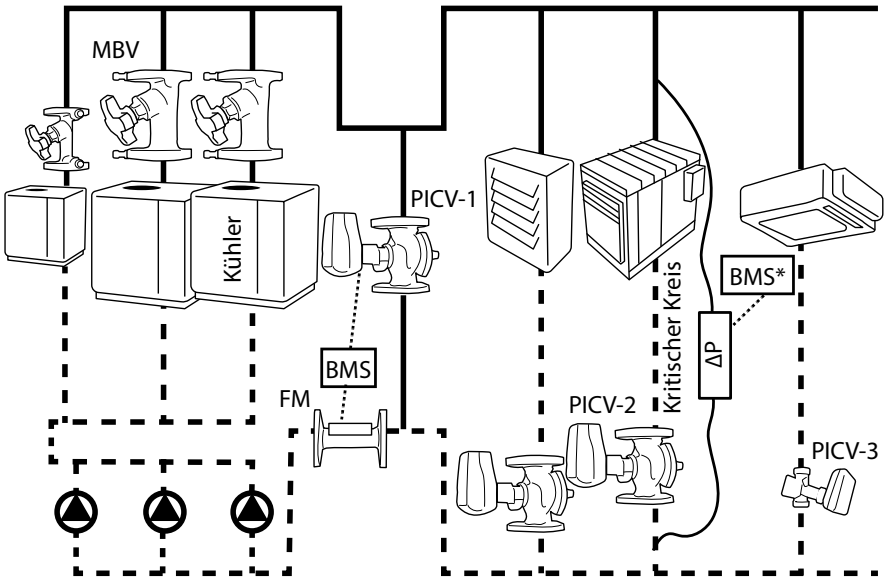
PICV – Druckunabhängiges Regelventil

PICV-1,2: AB-QM + AME435QM

PICV-3: AB-QM 4.0 + AME 110

Manuelle Strangventile: MSV-F2

Durchflussanzeige
FM: SonoMeterS

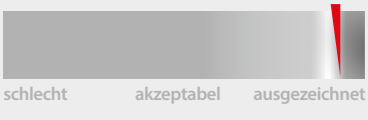



*BMS – nur zur Überwachung, keine Pumpenregelung (optional)
Dieses System verfügt über einen konstanten Primärkreislauf, einen variablen Sekundärkreislauf und keine Sekundärpumpen. Der Bypass dient zur Regelung des Mindestdurchflusses für die Kühler. Für eine optimale Effizienz wird ein "Swing Chiller" als Kühler empfohlen. Die Kühler können entsprechend der Lastschwankung abgestuft werden, und der konstante Durchfluss* durch den Kühler kann durch eine spezielle Pumpenkapazität aufrechterhalten werden. Der geeignete Durchfluss durch die Kühler kann mittels Messung der Durchflussanzeige und Regelung des Bypasses sichergestellt werden. (Sekundärseite Beschreibung siehe Anwendungen: 1.1.1.1-1.1.1.3)

## Leistung

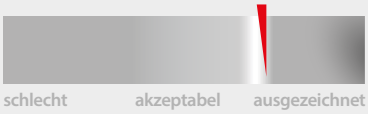
**Kapitalrendite**

**Design**




**Betrieb/Wartung**

**Regelung**




## Erklärung

### Kapitalrendite
- Mittelhohe Investitionskosten – Keine Sekundärpumpen erforderlich, aber die Dimensionen von Bypass und Regelventil sind groß
- Für die Bypass-Regelung ist eine Durchflussanzeige erforderlich
- Motorisierte Absperrventile und MBVs werden für die Abstufung der Kühler benötigt (PICV ist eine alternative Lösung zur Durchflussbegrenzung und Absperrung)
- Für jeden einzelnen Kühler sind spezielle Pumpen erforderlich

### Design
- Kvs-Berechnung des manuellen Absperr- und Regulierventils ist erforderlich und die Voreinstellung der MBVs ist wichtig
- Der Bypass und das Ventil sollten entsprechend dem Durchfluss des größten Kühlers dimensioniert sein
- Die Dimensionierung der Durchflussanzeige basiert auf dem Nenndurchfluss im System
- Die Pumpenförderhöhe muss den Δp-Bedarf des gesamten Systems decken
- Bei verschiedenen Kühlergrößen ist eine Einstellung der Förderhöhe erforderlich
- Zusätzliche Pumpen können hinzugefügt werden, um die Betriebssicherheit zu gewährleisten

### Betrieb/Wartung
- Die Installation des Bypasses zwischen Vor- und Rücklauf ist erforderlich
- Ein konstanter Durchfluss* am Kühler ist für den ordnungsgemäßen Betrieb unerlässlich
- Abgleich des Systems erforderlich
- Die Isolierung von Leerlaufkühlern ist wichtig
- Pumpen arbeiten mit konstanter Drehzahl, aber aufgrund einer besseren Kühlerabstufung ist die Energieeffizienz im Vergleich zu Anwendung 4.3 besser

### Regelung
- Kühler- und Pumpenbetrieb müssen aufeinander abgestimmt sein
- Die Bypass-Regelung gewährleistet auf Grundlage des Signals der Durchflussanzeige den genauen Durchfluss, der für den Betrieb der aktiven Kühler erforderlich ist
- Zur Maximierung der Effizienz ist eine erweiterte Regellogik für Kühler erforderlich
- Aufgrund des Bypasses ist bei Teillast eine geringe Temperaturspreizung (ΔT)* möglich

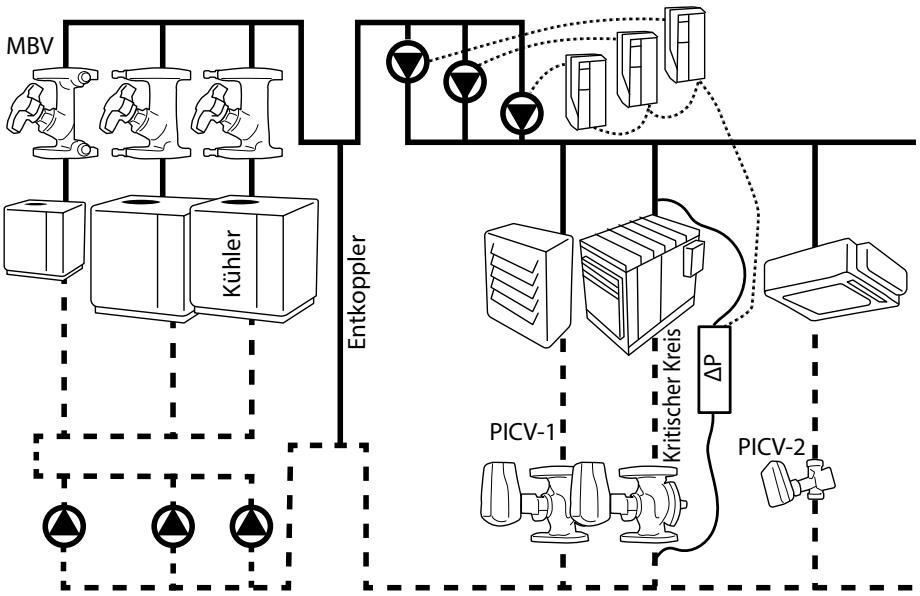
* siehe Seite 54–55

*Heating* ☐ *Cooling* ☑

# Konstanter Primärkreislauf und variabler Sekundärkreislauf (Primär Sekundär)

Akzeptabel

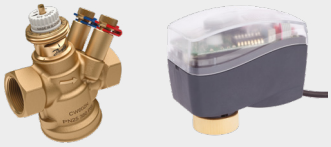
4.3




*Danfoss-Produkte:*

Druckunabhängiges Regelventil (PICV)

PICV-1: AB-QM + AME435QM



PICV-2: AB-QM 4.0 + AME 110

VLT®HVAC Antrieb FC102

Manuelle Strangventile: MSV-F2

Dieses System ist eine Variation eines konstanten Primärsystems (konstanter Durchfluss*). Frequenzumrichter werden zur Regelung der Pumpen auf der Sekundärseite eingesetzt. Durch Entkoppeln des Primär- und des Sekundärkreislaufs können die Kühler entsprechend der Lastschwankung abgestuft werden, während an den Kühlern ein konstanter Durchfluss* aufrechterhalten wird. (Sekundärseite Beschreibung siehe Anwendungen: 1.1.1.1-1.1.1.3)

## Erklärung

### Kapitalrendite

- Hohe Investitionskosten – Primär- und Sekundärpumpen erforderlich
- Motorisierte Absperrventile und MBVs werden für die Abstufung der Kühler benötigt (PICV ist eine alternative Lösung zur Durchflussbegrenzung und Absperrung)
- Abgleich ist erforderlich
- Pumpen mit konstanter Drehzahl auf der Primärseite und Pumpen mit Drehzahlregelung auf der Sekundärseite

### Design

- Kvs-Berechnung des manuellen Strangregulier- und Absperrventils erforderlich, Voreinstellung der MBVs ist wichtig (ein geringer Druckabfall am Ventil wird empfohlen)
- Der Druckabfall am Entkoppler sollte nicht mehr als 10–30 kPa betragen, um die hydraulische Abhängigkeit zu minimieren
- Die Pumpenkapazitäten müssen mit dem individuellen Durchflussbedarf des Kühlers korrelieren
- Die Förderhöhe der Sekundärpumpe ist oft größer als die Pumpenförderhöhe auf der Primärseite

### Betrieb/Wartung

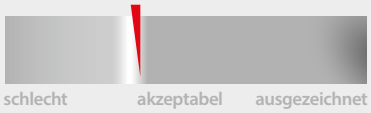
- Für die Pumpen auf der Sekundärseite wird zusätzlicher Platz benötigt
- Die Einregulierung und Inbetriebnahme des Systems ist komplex
- Nicht aktive Kühler müssen abgesperrt werden

### Regelung

- Ein hydraulischer Entkoppler (Weiche) verhindert die Wechselwirkung zwischen Primär- und Sekundärkreislauf
- Sekundärpumpen sollten basierend auf einem Δp-Signal des kritischen Kreises geregelt werden, um die Energieeffizienz zu optimieren
- Einfache Regellogik für Kühler
- Aufgrund des Entkopplers tritt bei Teillast eine geringe Temperaturspreizung (ΔT)* auf
- Primärpumpen arbeiten mit einer konstanten Drehzahl, sodass keine Energieeinsparung* möglich ist

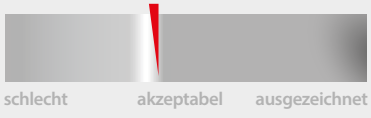
## Leistung

**Kapitalrendite**




**Design**

**Betrieb/Wartung**




**Regelung**

* siehe Seite 54–55

Nicht empfohlen

# 4.4

*Danfoss-Produkte:*

Manuelles Strangventil

MBV-1: MSV-BD

MBV-2: MSV-F2

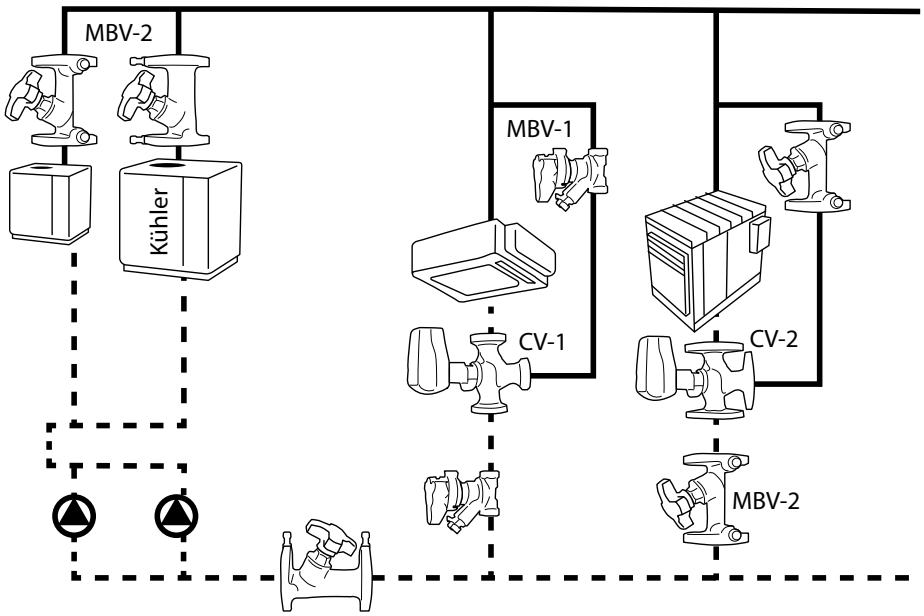
3-Wege-Regelventil

CV-1: VRB + AME435

CV-2: VF3 + AME435

*Heating* ☐ *Cooling* ☑

## Konstanter Primär- und Sekundärkreislauf (System mit konstantem Durchfluss)




Dies ist eine der ältesten Kühleranwendungen ohne Frequenzumrichter für Pumpen und Kühler. Die Kühler können nur konstante Durchflussmengen verarbeiten. Daher befinden sich auf der Sekundärseite des Systems 3-Wege-Regelventile, um einen konstanten Durchfluss* aufrechtzuerhalten. Diese regeln den Durchfluss durch die Endgeräte, um eine konstante Raumtemperatur aufrechtzuerhalten. (Sekundärseite Beschreibung siehe Anwendungen: 1.1.2.1, 2.2 und 3.2.1)

## Leistung

**Kapitalrendite**

schlecht akzeptabel ausgezeichnet

**Design**

schlecht akzeptabel ausgezeichnet

**Betrieb/Wartung**

schlecht akzeptabel ausgezeichnet

**Regelung**

schlecht akzeptabel ausgezeichnet

## Erklärung

### Kapitalrendite

- Es werden Kühler mit konstantem Durchfluss* verwendet
- Für eine ordnungsgemäße Wasserverteilung zwischen den Kühlern sind MBV erforderlich.* Alternativ kann ein Tichelman-System verwendet werden, aber nur, wenn die Kühler gleich groß sind
- Der Durchfluss in der Verteilerpumpstation ist konstant, daher gibt es keine Möglichkeit, durch den Einsatz einer Drehzahlregelung FU* Energie zu sparen

### Design

- Kv-Wert und Voreinstellungsberechnung für die Kühler-MBVs erforderlich
- Eine Abstufung der Kühler ist nicht möglich
- Auswahl und Betrieb der Pumpen sollten an die Kühlerleistung angepasst werden
- Der tatsächliche Durchfluss im System ist normalerweise 40–50 % größer als der Nenndurchflussbedarf im Teillastzustand
- Berechnung der Pumpenförderhöhe entsprechend dem gesamten Druckabfall des Systems

### Betrieb/Wartung

- Der Durchfluss durch die Kühler muss jederzeit konstant sein. Andernfalls wird ein Alarm wegen |zu niedrigen Durchfluss des Kühlers ausgelöst und der Kühler stellt den Betrieb ein
- Der Abgleich der MBVs ist entscheidend, um die Durchflussrate entsprechend dem Pumpenbetrieb einzustellen
- Es handelt sich um ein starres System. Es ist nicht möglich, Endgeräte während des Betriebs herauszunehmen oder hinzuzufügen
- Hoher Pumpenförderhöhenbedarf und hoher Energieverbrauch

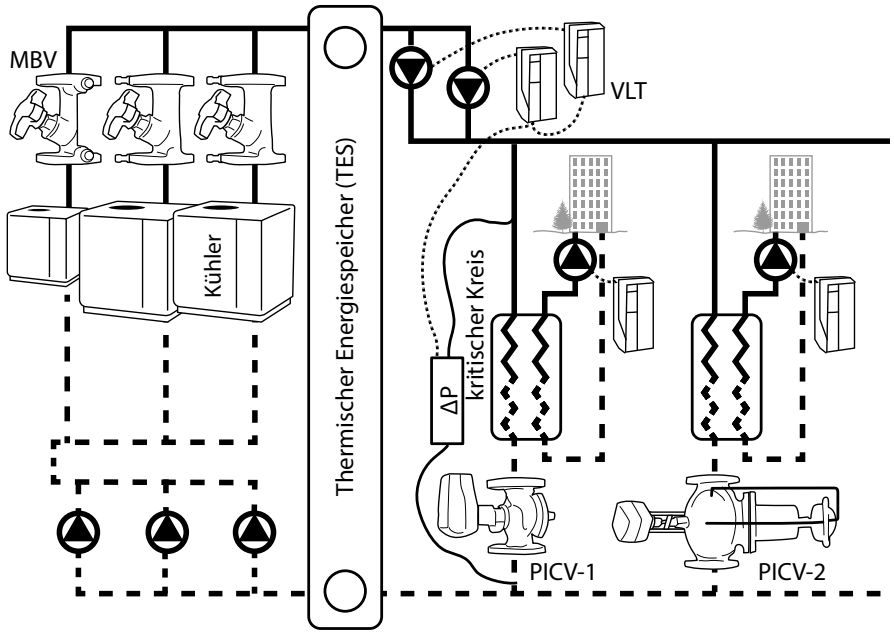
### Regelung

- Für den Betrieb des Kühlers muss ein konstanter Durchfluss* sichergestellt werden
- Kühler- und Pumpenbetrieb müssen aufeinander abgestimmt sein
- Es gibt keinen Bypass im System, daher muss der Nenndurchfluss durch das System jederzeit aufrechterhalten werden
- Hohes Risiko einer geringen Temperaturspreizung (ΔT)*
- Ein niedriges ΔT im System und ein konstanter Pumpenbetrieb führen zu einem schlechten Wirkungsgrad des Kühlers

* siehe Seite 54–55

*Heating* ☐ *Cooling* ☑

# Fernkühlsystem




Ein Fernkühlsystem ist ein großes Kühlnetz, das zur Versorgung mehrerer Gebäude geeignet ist. Es enthält einen Thermischen Energiespeicher (TES), der die Wärmeenergie wie eine wiederaufladbare Batterie speichern kann. Diese Anwendung sollte ab 35 MW Kühlleistung verwendet werden. Ziel ist es, den Wirkungsgrad des Kraftwerks durch Abflachung der Spitzenlasten zu steigern. Die zusätzliche Funktion des TES ist die hydraulische Trennung der Primär- und Sekundärseite (Anwendungen auf der Sekundärseite ähnlich den Anwendungen: 1.1.1.1-1.1.1.3)

## Erklärung

### Kapitalrendite

- Teure, aber umweltfreundliche Lösung für die Kühlung ganzer Stadtteile mit vielen Gebäuden
- TES-Kosten müssen enthalten sein
- Es sind in der Regel sehr große Kühler erforderlich. Min. 3,5 MW pro Kühler.
- Zur Maximierung der Anlageneffizienz ist eine erweiterte Regellogik für Kühler erforderlich
- Pumpe mit konstanter Drehzahl für die Primärseite und Drehzahlregelung FU* im Sekundärkreis

### Design

- Kvs-Berechnung der Strangregulier- und Absperrventile MBVs erforderlich, Voreinstellung der MBV ist wichtig (ein geringer Druckabfall am Ventil wird empfohlen)
- Der TES fungiert auch als hydraulischer Entkoppler. Er speichert den Durchflussüberschuss aus dem konstanten Primärkreis.
- Zur Maximierung der Effizienz werden PICVs, die an jeder Wärmeübertragungsstation installiert sind, dringend empfohlen
- Es wird ein Δp-Fühler an kritischen Punkten zur Sicherstellung einer ordnungsgemäßen Pumpenregelung empfohlen
- Kühler- und Pumpenbetrieb müssen aufeinander abgestimmt sein

### Betrieb/Wartung

- Einfache und transparente Konstruktion
- Ein konstanter Durchfluss* durch die Kühler ist für den ordnungsgemäßen Betrieb unerlässlich
- Die Einregulierung* ist erforderlich, um das Lastmuster über die Zeit zu analysieren.
- Nicht aktive Kühler müssen abgesperrt werden

### Regelung

- Sekundär- und Tertiärpumpen können in kritischen Bereichen eingebunden werden, mit proportionaler Pumpenregelung um Energie zu sparen
- Die Regelung für die Speicherung und Entleerung des TES ist wichtig, um die richtige Kühlenergie bei Spitzenlast sicherzustellen und eine bessere Effizienz zu erzielen
- Es liegt keine geringe Temperaturspreizung (ΔT)* vor und der TES wird nicht überladen
- Die Primärpumpen arbeiten mit konstanter Drehzahl, aber aufgrund der Kühlerabstufung ist die Energieeffizienz gut

Empfohlen

4.5

*Danfoss-Produkte:*

Druckunabhängiges Regelventil

PICV-1: AB-QM + AME435QM

PICV-2: AB-QM + AME 655

Manuelles Strangventil

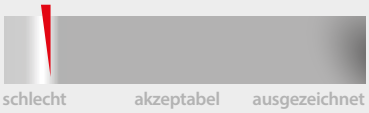
Manuelle Strangventile: MSV-F2

Antrieb

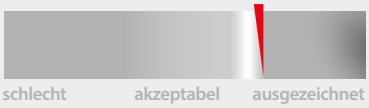
VLT®HVAC Drive FC102

## Leistung

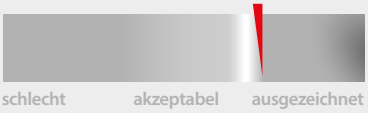
**Kapitalrendite**



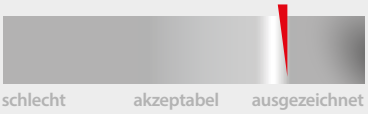

**Design**




**Betrieb/Wartung**




**Regelung**



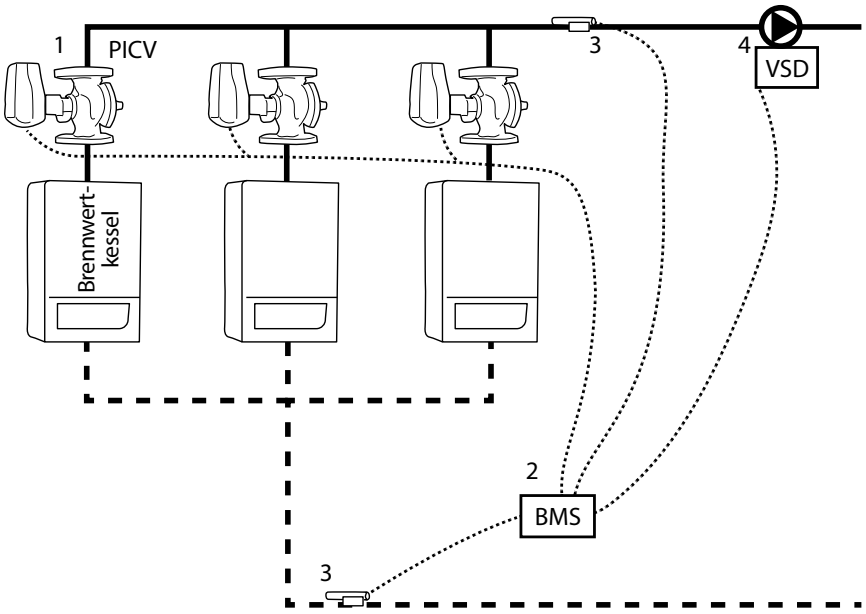

* siehe Seite 54–55

# Empfohlen

# 5.1

*Heating* ☑ *Cooling* ☐

## Brennwertkessel, variabler Primärdurchfluss




1. Druckunabhängiges Regelventil (PICV)
2. Gebäudeleitsystem (BMS)
3. Temperaturfühler
4. Drehzahlgeregelte Pumpe (FU*)

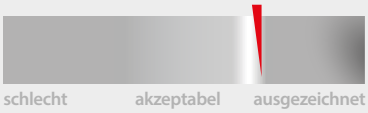
***Danfoss-Produkte:***

PICV: AB-QM + AME435QM
oder Novocon M

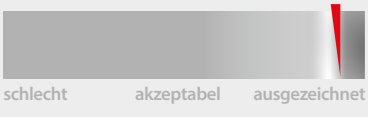
Bei dieser Anwendung wird eine unterschiedliche Anzahl von Brennwertkesseln eingesetzt. Alle Kesselkreise sind mit PICV-Ventilen ausgestattet, die an das BMS-System angeschlossen sind. Sie gewährleisten den ordnungsgemäßen Abgleich und stufenweise Regelung unter Voll- und Teillastbedingungen. Frequenzumrichter werden zur Minimierung der Pumpkosten* eingesetzt. Eine PICV- oder Δp-Regelung auf der Sekundärseite wird ebenfalls dringend empfohlen, um den Energieverbrauch zu minimieren.

## Leistung

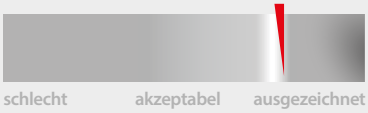
**Kapitalrendite**



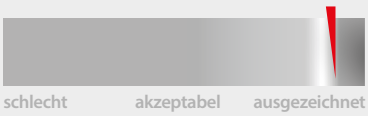

**Design**




**Betrieb/Wartung**




**Regelung**




## Erklärung

### Kapitalrendite
- Niedrig – eine Pumpe und spezielle PICVs mit modulierenden Stellantrieben zur Regelung und Absperrung der Kessel
- Die Ventile müssen an das BMS angeschlossen werden, das den Durchfluss durch jeden Kessel steuert, um die Energieeffizienz zu optimieren
- Ein Frequenzumrichter an der Pumpe ist erforderlich

### Design
- Einfache PICV-Auswahl basierend auf dem Durchflussbedarf einzelner Kessel
- Die Pumpenförderhöhe muss auch den Druckabfall des gesamten Systems decken
- Es wird eine Optimierung* der Pumpenförderhöhe durch Verwendung von Δp-Fühlern am kritischen Punkt empfohlen

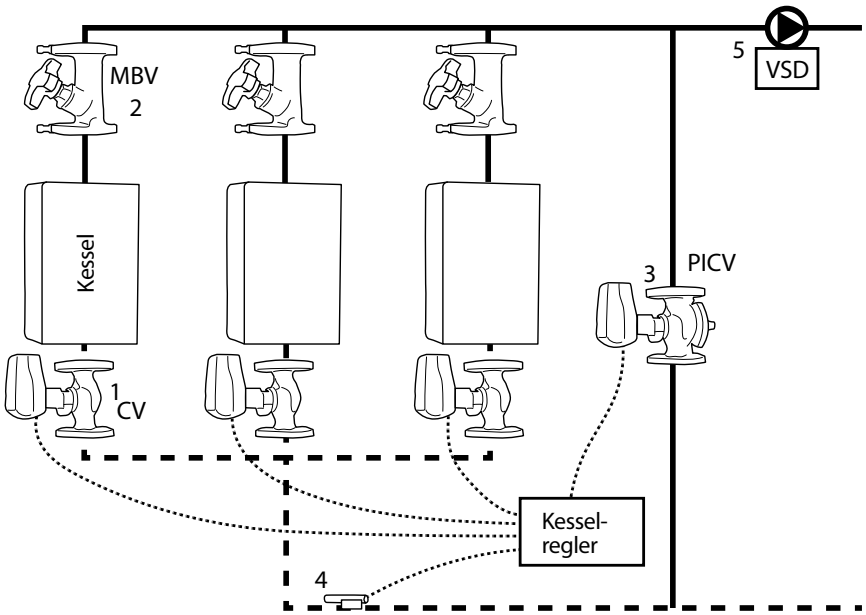
### Betrieb/Wartung
- Die Optimierung der Rücklauftemperatur ist mit einer proportionalen PICV- oder Δp-Regelung auf der Sekundärseite möglich
- Ein erhöhtes ΔT gewährleistet einen optimalen Wirkungsgrad des Brennwertkessels
- Minimierter Durchfluss durch das System, sodass die Pumpkosten* niedrig sind
- Das Regelungssystem sollte auf die interne Kesselschaltung abgestimmt sein

### Regelung
- Perfekte Durchflussregelung durch jeden Kessel, um einen optimalen Kesselwirkungsgrad zu erzielen
- Gute Regelung der Rücklauftemperatur, da sich kein Bypass im System befindet
- Maximaler Wirkungsgrad der Kessel bei Auslegungs- und Teillastbedingungen
- Erwarteter variabler Durchfluss* auf der Sekundärseite mit PICV- oder Δp-Regelung, daher ist eine Drehzahlregelung FU* erforderlich

* siehe Seite 54–55

*Heating* ☑ *Cooling* ☐

# Traditionelle Kessel, variabler Primärdurchfluss

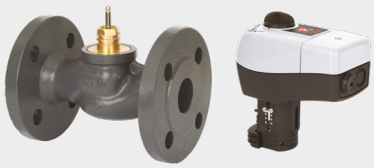



Akzeptabel

5.2

1. Regelventil (CV)
2. Manuelles Abgleichventil (MBV)
3. Bypass-Ventil (PICV)
4. Temperaturfühler
5. Drehzahlgeregelte Pumpe (FU*)

***Danfoss-Produkte:***



CV: VF2 + AME435

Manuelle Strangventile: MSV-F2

PICV: AB-QM + AME435QM

Diese Anwendung wird für herkömmliche (nicht kondensierende) Kessel verwendet. Um eine niedrige Einlasstemperatur in die Kessel zu vermeiden, ist ein geregelter Bypass (mit einem PICV) erforderlich. In dieser Anwendung verwenden wir nur eine Pumpen, um den Durchfluss sowohl durch das primäre als auch durch das sekundäre System zu zirkulieren

## Erklärung

### Kapitalrendite

- Mittel – eine Pumpe, Strangabsperr- und Regulierventile MBV sind erforderlich
- Ein zusätzlicher Bypass mit einem PICV ist erforderlich, um die Mindesteinlasstemperatur in den Kessel sicherzustellen
- Temperaturfühler zur Regelung des Bypasses
- Die Einregulierung der manuellen Strangventile ist erforderlich. Alternativ kann ein Tichelman-System verwendet werden, aber nur, wenn die Kessel gleich groß sind
- Um Energie einzusparen, ist ein Frequenzumrichter für die Pumpe erforderlich

### Design

- Die Berechnung der Voreinstellung der MBVs ist erforderlich, um den Nenndurchfluss durch alle Kessel sicherzustellen
- Das Bypass-Ventil wird entsprechend dem Durchflussbedarf des größten Kessels dimensioniert
- Die Pumpenförderhöhe muss auch den Druckabfall des Sekundärsystems decken
- Nicht aktive Kessel müssen abgesperrt werden
- Am Ende des Systems wird ein Überdruckventil empfohlen, um den Mindestdurchfluss für die Pumpe sicherzustellen

### Betrieb/Wartung

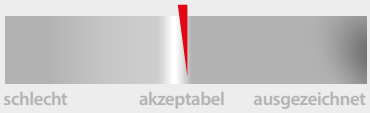
- Kessel arbeiten mit variablem Durchfluss* je nach Systemlast. Daher ist es schwierig, eine stabile Kesselregelung aufrechtzuerhalten
- Die Anlagenregelung muss das Bypass-Ventil basierend auf der Rücklauftemperatur regeln
- Moderate Pumpkosten*

### Regelung

- Einfache Regellogik auf Basis der voraussichtlichen Rücklauftemperatur
- Stufenweiser Betrieb der Kessel entsprechend der Vorlauftemperatur und basierend auf dem Energiebedarf im System
- Die Rücklauftemperatur kann nicht optimiert werden, was sich insbesondere auf Brennwertkessel negativ auswirkt und den Wirkungsgrad des Systems verringert
- Mit variablem Durchfluss* auf der Sekundärseite mit PICV- oder Δp-Regelung ist eine Drehzahlregelung FU* erforderlich

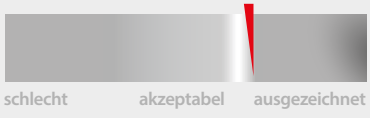
## Leistung

**Kapitalrendite**

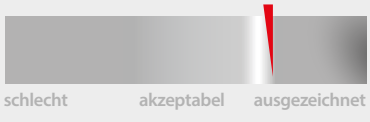



**Design**

**Betrieb/Wartung**




**Regelung**



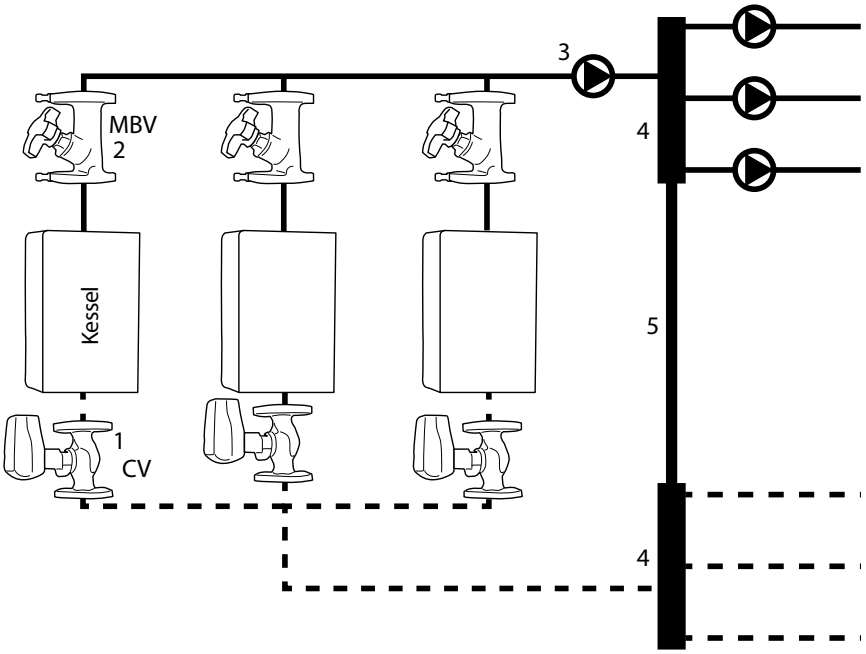

* siehe Seite 54–55

Nicht empfohlen

# 5.3

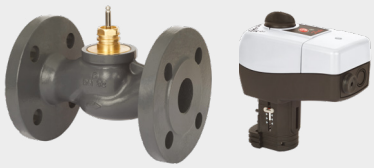
*Heating* ☑ *Cooling* ☐

## System mit Verteilern und Entkopplern




1. Regelventil (CV)
2. Manuelles Abgleichventil (MBV)
3. Pumpe
4. ΔP=0 Verteiler
5. Entkoppler (Weiche)

***Danfoss-Produkte:***



CV: VF2 + AME435

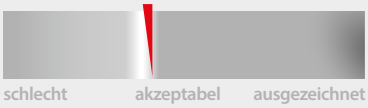
Manuelle Strangventile: MSV-F2

Dies ist die üblichste Anordnung von Kesselanlagen mit konstantem Primärdurchfluss (Kaskade). Primär- und Sekundärsystem sind voneinander hydraulisch unabhängig. Die Verteiler sind mit einem Bypass verbunden, der eine Wasserzirkulation zwischen ihnen ermöglicht.

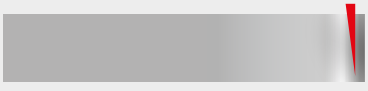
## Leistung

**Kapitalrendite**

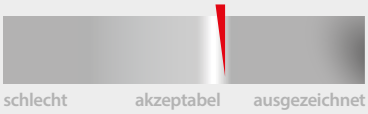
**Design**




**Betrieb/Wartung**




**Regelung**




## Erklärung

### Kapitalrendite

- Pumpen werden sowohl auf der Primär- als auch auf der Sekundärseite benötigt
- Ein großer Bypass zwischen den Verteilern ist erforderlich
- Die Einregulierung* der MBVs ist erforderlich. Alternativ kann ein Tichelman-System verwendet werden, aber nur, wenn die Kessel gleich groß sind
- Für jeden Kessel werden motorisierte Absperrventile und MBVs benötigt. Alternativ kann ein PICV zur Durchflussbegrenzung und Absperrung verwendet werden

### Design

- Es ist eine Berechnung der Voreinstellung der MBVs erforderlich, um den Nenndurchfluss für jeden Kessel sicherzustellen
- Der Verteiler und der Bypass müssen ordnungsgemäß dimensioniert sein, um Beeinflussungen zwischen der Primär- und der Sekundärpumpe zu vermeiden
- Die richtige Dimensionierung der Primär- und Sekundärpumpen ist entscheidend, um den Durchfluss durch den Bypass zu minimieren
- Eine proportionale Pumpenregelung mit einem variablen Durchfluss* auf der Sekundärseite wird empfohlen

### Betrieb/Wartung

- Primärpumpen benötigen keinen Mindestdurchflussschutz
- Der Kesselbetrieb ist unabhängig vom Sekundärsystem
- Der stufenweise Betrieb der Kessel sollte entsprechend dem Wärmebedarf des Sekundärsystems erfolgen
- Bei nicht kondensierenden Kesseln ist vor jedem Kessel ein zusätzlicher Bypass erforderlich, um eine Mindesteintrittstemperatur zum Kessel sicherzustellen

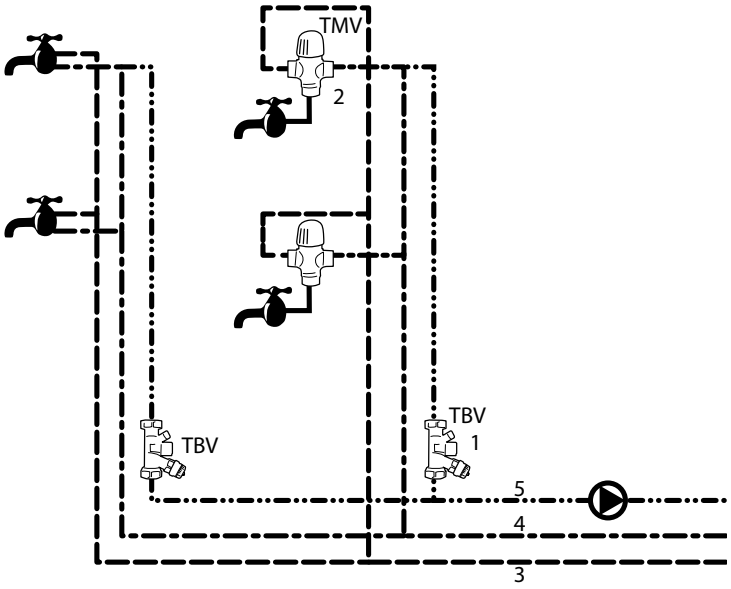
### Regelung

- Der stufenweise Betrieb der Kessel sollte auf der Rücklauftemperatur der Sekundärseite basieren
- Die Rücklauftemperatur könnte hoch sein, was sich negativ auf Brennwertkessel auswirkt und den Wirkungsgrad des Systems verringert
- Individuelle Kessellogik entsprechend der Vorlauftemperatur

* siehe Seite 54–55

*Warm- und Kaltwasserversorgung* ☑

# Thermischer Abgleich in Warmwasserzirkulations-Systemen (vertikale Anordnung)




Empfohlen

6.1

1. Thermostatisches Abgleichventil (TBV)
2. Thermostatisches Mischventil (TMV) (optional)
3. Trinkkaltwasser (TKW)
4. Trinkwarmwasser (TWW)
5. Zirkulation

***Danfoss-Produkte:***

TBV: MTCV-A

TMV: TVM-W

In dieser Anwendung stellen wir einen variablen Durchfluss* im Warmwasserzirkulationsnetz* und eine konstante Zapftemperatur* an den Zapfstellen sicher, unabhängig von der Entfernung vom Speicher und temporärem Warmwasserbedarf. Damit reduzieren wir die Zirkulationswassermenge zu jeder Zeit. Thermische Desinfektion* ist mit zusätzlichen Komponenten möglich. TMV (optional) sorgt für eine maximal begrenzte Zapftemperatur und verhindert Verbrühungen.

## Erklärung

### Kapitalrendite
- Niedrige Investitionen da nur MTCV-Ventile, weitere Hydraulikelemente werden nicht benötigt
- Geringe Installationskosten
- Keine Einregulierung – nur Temperatureinstellung notwendig
- Geregelte Zirkulationspumpe empfohlen

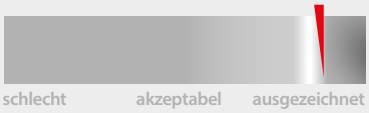
### Design
- Durchfluss – Aufgrund von Wärmeverlusten in der Rohrleitung und Temperaturabfällen in Strängen, wenn die Zapfstellen geschlossen sind, sind keine Kvs-Berechnungen und keine Berechnung der Durchflussvoreinstellung erforderlich
- Die Temperatureinstellung am Ventil basiert auf dem Temperaturabfall von der letzten Zapfstelle zum Ventil
- Berechnung der Pumpenförderhöhe entsprechend dem Nenndurchfluss, wenn kein TWW*-Verbrauch vorliegt

### Betrieb/Wartung
- Minimale Temperaturverluste über die Rohrleitung – hohe Energieeinsparung*
- Eine erneute Einregulierung* ist nicht erforderlich – selbsttätige Temperaturregelung
- Geringere Wartungskosten aufgrund konstanter/optimaler Temperaturen im System (weniger Korrosion, keine Verbrühungen usw.)
- Ein Thermometer kann zur Inspektion und ordnungsgemäßen thermischen Einregulierung am Ventil integriert werden

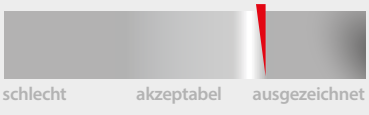
### Regelung
- Stabile Zapftemperatur* an allen Strängen
- Perfekter Abgleich bei Voll- und Teillast
- Sofortige Bereitstellung von Warmwasser
- Umgewälzte Durchflussmenge minimiert, keine Überversorgung
- Kalkablagerungen haben keine Auswirkungen auf die Regelgenauigkeit

## Leistung

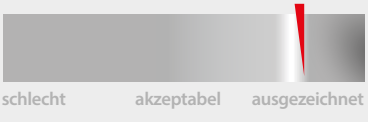
**Kapitalrendite**



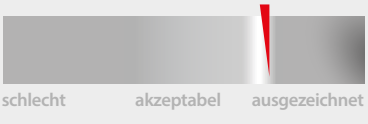

**Design**




**Betrieb/Wartung**




**Regelung**




* siehe Seite 54–55

Empfohlen

6.2

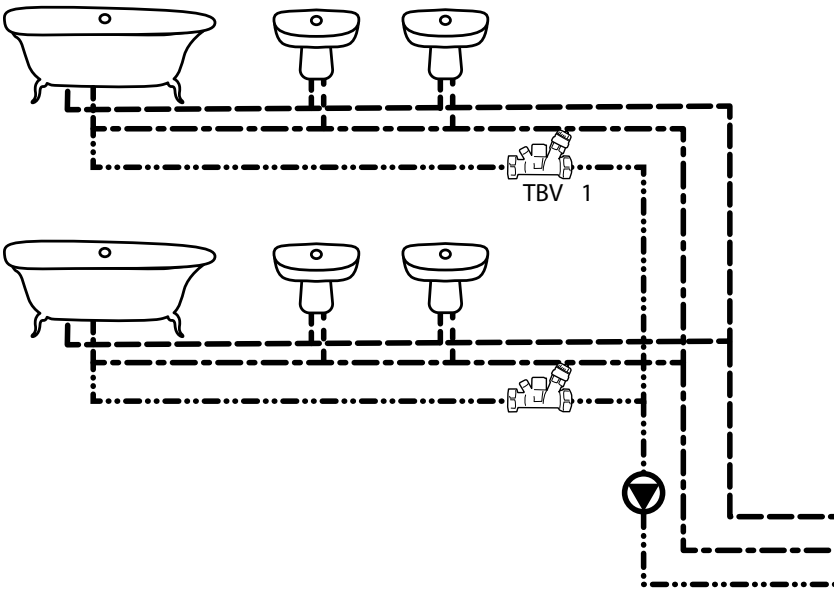


# Thermischer Abgleich in Warmwasserzirkulations-Systemen (horizontale Anordnung)

1. Thermostatisches Abgleichventil (TBV)

***Danfoss-Produkte:***

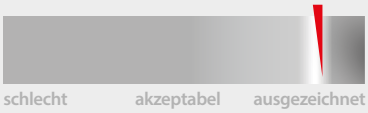
TBV: MTCV-A



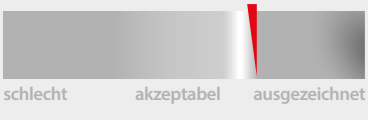

In dieser Anwendung stellen wir variablen* Durchfluss im Warmwasserzirkulationsnetz* und konstante Zapftemperatur an Zapfstellen sicher, unabhängig von der Entfernung vom Speicher und temporärem Warmwasserverbrauch. Damit reduzieren wir die Zirkulationswassermenge zu jeder Zeit. Thermische Desinfektion* ist mit zusätzlichen Komponenten möglich

## Leistung

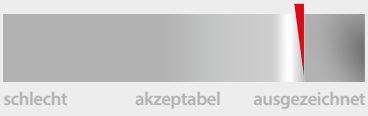
**Kapitalrendite**



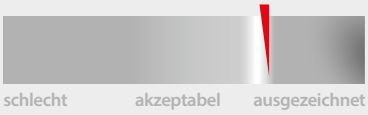

**Design**




**Betrieb/Wartung**




**Regelung**




## Erklärung

### Kapitalrendite
- Niedrige Investitionen da nur MTCV-Ventile, weitere Hydraulikelemente werden nicht benötigt
- Geringe Installationskosten
- Keine Einregulierung – nur Temperatureinstellung notwendig
- Geregelte Zirkulationspumpe empfohlen

### Design
- Durchfluss – Aufgrund von Wärmeverlusten in der Rohrleitung und Temperaturabfällen in Strängen, wenn die Zapfstellen geschlossen sind, sind keine Kvs-Berechnungen und keine Berechnung der Durchflussvoreinstellung erforderlich
- Die Temperatureinstellung am Ventil basiert auf dem Temperaturabfall von der letzten Zapfstelle zum Ventil
- Berechnung der Pumpenförderhöhe entsprechend dem Nenndurchfluss, wenn kein TWW*-Verbrauch vorliegt
- Wenn MTCV in horizontalen Kreisen verwendet wird, muss die Regel 3 l Wasservolumen angewendet werden

### Betrieb/Wartung
- Minimale Temperaturverluste über die Rohrleitung – hohe Energieeinsparung*
- Eine erneute Einregulierung* ist nicht erforderlich – selbsttätige Temperaturregelung
- Geringere Wartungskosten aufgrund konstanter/optimaler Temperaturen im System (weniger Korrosion, keine Verbrühungen usw.)
- Das Thermometer kann zur Inspektion und ordnungsgemäßen thermischen Einregulierung an ein Ventil angeschlossen werden

### Regelung
- Stabile Zapftemperatur* an allen horizontalen Kreisen
- Perfekter Abgleich bei Voll- und Teillast
- Sofortige Bereitstellung von Warmwasser
- Umgewälzte Durchflussmenge minimiert, keine Überversorgung*
- Kalkablagerungen haben keine Auswirkungen auf die Regelgenauigkeit



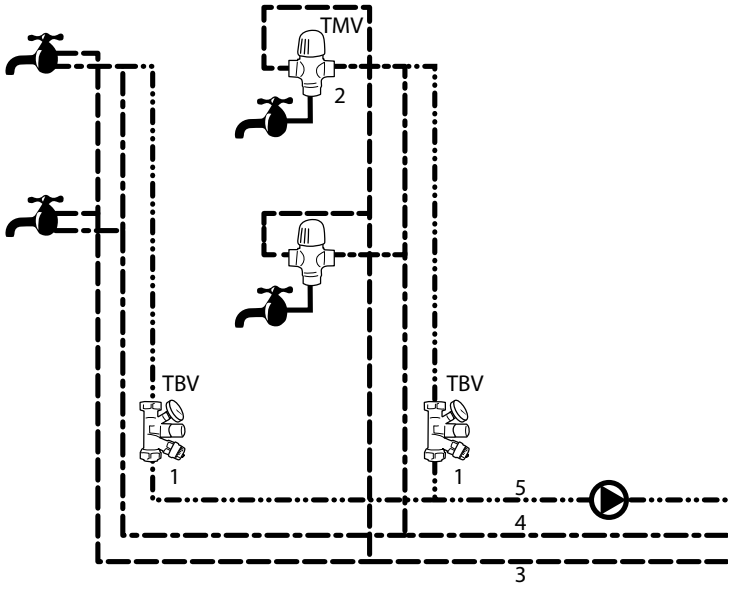
* siehe Seite 54–55

*Warm- und Kaltwasserversorgung* ☑

# Thermischer Abgleich in Warmwasserzirkulations-Systemen mit selbsttätiger Desinfektion

Empfohlen

6.3




1. Thermostatisches Abgleichventil (TBV)
2. Thermostatisches Mischventil (TMV) (optional)
3. Trinkkaltwasser (TKW)
4. Trinkwarmwasser (TWW)
5. Zirkulation

***Danfoss-Produkte:***

TBV: MTCV-B

TMV: TVM-W

In dieser Anwendung stellen wir einen variablen Durchfluss* im Warmwasserzirkulationsnetz* und eine konstante Zapftemperatur* an den Zapfstellen sicher, unabhängig von der Entfernung vom Speicher und temporärem Warmwasserbedarf. Damit reduzieren wir die Zirkulationswassermenge zu allen Zeiten. Eine thermische selbsttätige Desinfektion ist aufgrund eines speziellen Moduls in MTCV-Ventilen möglich. TMV (optional) sorgt für eine maximal begrenzte Zapftemperatur und verhindert Verbrühungen.

## Erklärung

### Kapitalrendite
- Niedrige Investitionen durch MTCV mit selbsttätigem Desinfektionsmodul, weitere Hydraulikelemente werden nicht benötigt
- Geringe Installationskosten
- Keine Einregulierung* – nur Temperatureinstellung
- Geregelte Zirkulationspumpe empfohlen

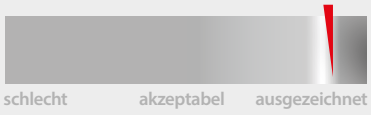
### Design
- Wie Anwendung 6.1; 6.2
- Überprüfung der Pumpenförderhöhe für den Desinfektionsvorgang erforderlich
- Während der thermischen Desinfektion ist eine höhere Vorlauftemperatur erforderlich (65–70 °C)

### Betrieb/Wartung
- Ventilkegel des MTCV aus Verbundwerkstoff sorgt für eine längere Lebensdauer
- Die thermische Desinfektion* des Systems kann nicht garantiert (da abhängig von Pumpenkapazität, Wärmeverluste der Rohre usw.) und optimiert werden
- TMV-Ventile können die Zapftemperatur* während der thermischen Desinfektion* begrenzen
- Das Thermometer kann zur Inspektion und ordnungsgemäßen thermischen Einregulierung an das Ventil angeschlossen werden

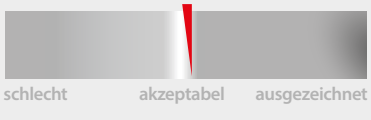
### Regelung
- Stabile Zapftemperatur* an allen Strängen/Kreisen
- Akzeptable Lösung für kleine Wohngebäude, wenn eine eigene Wärmequelle verfügbar ist
- Perfekter Abgleich bei Voll- und Teillast
- Umgewälzte Durchflussmenge minimiert, keine Überversorgung*

## Leistung

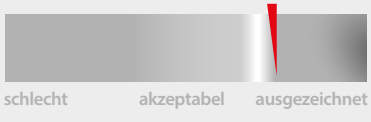
**Kapitalrendite**



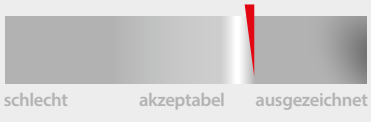

**Design**




**Betrieb/Wartung**




**Regelung**





Hydraulische Anwendungen Zweckbau
Hydraulische Anwendungen Wohnbau
Mischkreis
Klimageräte Anwendungen Kühlung
Klimageräte Anwendungen Heizung
Kühler Anwendungen
Kessel Anwendungen
Warmwasser


* siehe Seite 54–55

Empfohlen

# 6.4



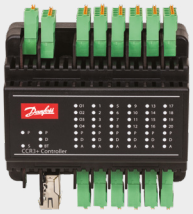
# Thermischer Abgleich in Warmwasserzirkulations-Systemen mit elektronischer Desinfektion

1. Thermostatisches Abgleichventil (TBV)
2. Thermostatisches Mischventil (TMV) (optional)
3. Elektronischer Regler (CCR2+)
4. Temperaturfühler

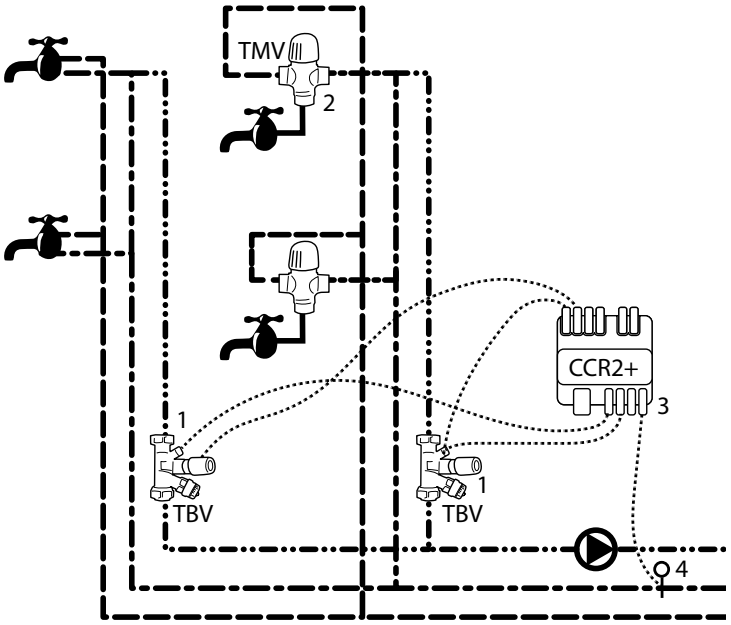
***Danfoss-Produkte:***

TBV: MTCV-C

TMV: TVM-W



CCR2+




In dieser Anwendung stellen wir einen variablen Durchfluss* im Warmwasserzirkulationsnetz* und eine konstante Zapftemperatur* an den Zapfstellen sicher, unabhängig von der Entfernung vom Speicher und temporärem Warmwasserbedarf. Damit reduzieren wir die Zirkulationswassermenge zu allen Zeiten. TMV-Ventile sorgen auch in Bezug auf die thermische Desinfektionszeit für eine konstante Zapftemperatur*. Die thermische Desinfektion* wird durch einen elektronischen Regler CCR2+ geregelt.

## Leistung

**Kapitalrendite**

schlecht akzeptabel ausgezeichnet

**Design**

schlecht akzeptabel ausgezeichnet

**Betrieb/Wartung**

schlecht akzeptabel ausgezeichnet

**Regelung**

schlecht akzeptabel ausgezeichnet

## Erklärung

### Kapitalrendite

- Hoch, Regelgeräte erforderlich – MTCV mit Stellantrieb und CCR2+ zur Desinfektionsregelung, außerdem (optional) Temperaturmischventil
- Höhere Installationskosten – durch Verdrahtungskosten
- Die Einregulierung der hydraulischen Anlage ist nicht erforderlich
- CCR2+-Programmierung ist erforderlich
- Geregelte Zirkulationspumpe empfohlen

### Design

- Wie Anwendung 6.1; 6.2
- Hervorragende Technik – minimaler Energieverbrauch
- Thermische Desinfektion* ist gelöst
- Für die Desinfektionskapazität ist keine Pumpenüberprüfung erforderlich

### Betrieb/Wartung

- Ventilkegel des MTCV aus Verbundwerkstoff sorgt für eine längere Lebensdauer
- Hervorragende thermische Desinfektion* der Anlage – programmierbar und optimiert
- TMV-Ventile können die Zapftemperatur* während der thermischen Desinfektion* begrenzen
- Temperaturregistrierung und Dokumentation durch CCR2+ verwaltet
- Automatisierter Desinfektionsvorgang kann programmiert werden
- Alle Daten und Einstellungen per Fernzugriff verfügbar

### Regelung

- Keine Überversorgung*, die Durchflussrate entspricht dem temporären Bedarf
- Minimal erforderliche Zeit für die Desinfektion
- Pumpe mit variabler Drehzahl und guter Kesselwirkungsgrad gewährleisten Energieeinsparung*
- Konnektivität mit BMS- und TWW*-Automatisierungsmodulen

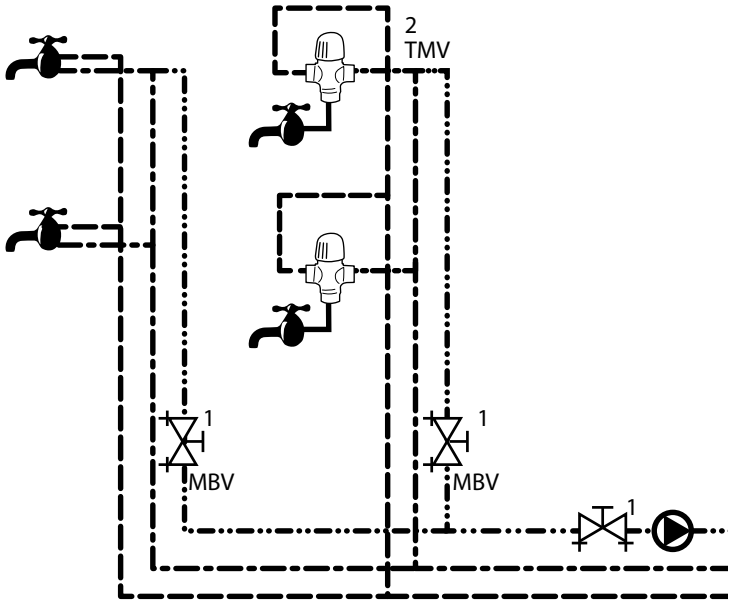
* siehe Seite 54–55

*Warm- und Kaltwasserversorgung* ☑

# TWW*-Zirkulationsregelung mit manuellem Abgleich

Nicht empfohlen

6.5




1. Manuelles Abgleichventil (MBV)
2. Thermostatisches Mischventil (TMV) (optional)

***Danfoss-Produkte:***

TMV: TVM-W

In dieser Anwendung stellen wir einen konstanten Durchfluss* in der Warmwasser-Zirkulationsleitung unabhängig von temporärer Warmwassernutzung und Bedarf sicher. TMV (optional) sorgt für eine maximal begrenzte Zapftemperatur und verhindert Verbrühungen.

## Erklärung

### Kapitalrendite
- Geringe Investition – MBVs, Pumpe mit konstanter Drehzahl, Partnerventil* (selten verwendet)
- Höhere Installationskosten – wenn Partnerventile* verwendet werden
- Einregulierung des Systems erforderlich
- Geregelte Zirkulationspumpe nicht nutzbar bzw. nicht notwendig

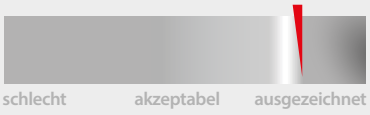
### Design
- Traditionelle Berechnung: Kvs des manuellen Strangventils
- Die Berechnung der Voreinstellung der Ventile ist erforderlich
- Komplizierte Berechnung des Zirkulationsdurchflussbedarfs entsprechend Wärmeverlust an Warmwasser- und Zirkulationsrohrleitung
- Berechnung der Pumpenförderhöhe entsprechend dem Nenndurchfluss, wenn kein TWW*-Verbrauch vorliegt
- Umwälzpumpe und MBV sind oft überdimensioniert

### Betrieb/Wartung
- Hohe Energieverluste an der Rohrleitung, hoher Energieverbrauch
- Erneute Einregulierung* der Anlage ist zeitweilig erforderlich
- Kessel mit niedrigerem Wirkungsgrad durch hohe Rücklauftemperatur
- Höhere Servicekosten aufgrund von mehr Kalkablagerungen (höhere Zirkulationstemperatur)
- Risiko des Legionellen-Wachstums
- Hoher Wasserverbrauch

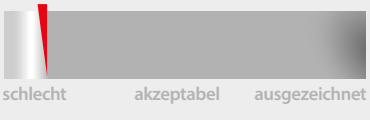
### Regelung
- Variable Zapftemperatur* (hängt von Entfernung vom Warmwasserspeicher* ab)
- Die statische Regelung folgt nicht dem dynamischen Verhalten des Wasserverbrauchs
- Die Menge des Zirkulationsdurchflusses ist unabhängig vom tatsächlichen Bedarf, meistens kommt es zu einer Überversorgung

## Leistung

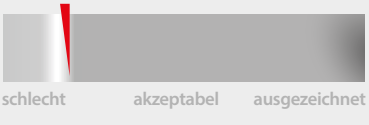
**Kapitalrendite**



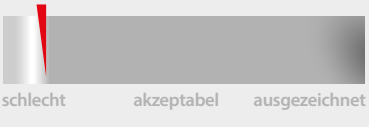

**Design**




**Betrieb/Wartung**




**Regelung**




* siehe Seite 54–55

# Anhänge

## Glossar und Abkürzungen

## Regelung und Ventil-Theorie

## Energieeffizienzanalysen

# 7.1 Glossar und Abkürzungen

**Traditionelle Berechnung:** Für eine gute Regelung müssen zwei wichtige Regelungsmerkmale berücksichtigt werden: die Autorität des Regelventils und die Druckgleichwertigkeit vor jedem Endgerät. Für diese Anforderung müssen wir den geforderten Kvs-Wert der Regelventile berechnen und das gesamte Hydrauliksystem als eine Einheit behandeln.

**Abgleich –** Durchflussregelung mittels Strangventilen, um in jedem Kreislauf des Heiz- oder Kühlsystems den richtigen Durchfluss zu erzielen.

**Inbetriebnahme/Einregulierung:** Wir müssen jedoch die erforderlichen Einstellungen des manuellen oder automatischen Strangregulierventils während der traditionellen Berechnung berechnen, bevor wir das Gebäude dem Benutzer übergeben. Wir müssen sicher sein, dass der Durchfluss überall dem erforderlichen Wert entspricht. Dazu (durch Ungenauigkeit bei der Installation) müssen wir den Durchfluss an den Messpunkten prüfen und diesen ggf. korrigieren.

**Erneute Inbetriebnahme/Einregulierung:** Von Zeit zu Zeit ist einer erneute Inbetriebnahme/Einregulierung erforderlich. (z. B. im Fall der Änderung der Funktion und Größe des Raums, Regulierung des Wärmeverlusts und des Wärmegewinns).

**SMART-Stellantrieb:** Digitaler, hochpräziser Schrittstellantrieb mit direkter Konnektivität zum BMS-System, erweitert um zusätzliche Sonderfunktionen für eine vereinfachte Installation und Bedienung.

**Gute Autorität:** Die Ventilautorität ist das Verhältnis des Druckverlustes über einem Regelventil bezogen auf den verfügbaren Gesamtdifferenzdruck, der durch die Pumpe oder den Δp-Regler (falls vorhanden) sichergestellt wird $a = \frac{\Delta p_{CV}}{\Delta p_{CV} + \Delta p_{pipes+units}}$ Eine höhere Ventilautorität sorgt für eine bessere Regelung. Die empfohlene Mindestautorität beträgt 0,5.

**Pumpkosten:** Die Unkosten, die wir für den Pumpenenergieverbrauch zahlen müssen.

**Konstanter Durchfluss:** Der Durchfluss im System oder Endgerät ändert sich über die gesamte Betriebsdauer nicht.

**Geringe Temperaturspreizung (ΔT):** Dies ist für Kühlsysteme von größerer Bedeutung. Wenn das erforderliche ΔT im System nicht sichergestellt werden kann, nimmt der Wirkungsgrad der Kältemaschine drastisch ab. Dieses Symptom kann auch in Heizungsanlagen auftreten.

**Kapitalrendite:** Wie schnell wir aufgrund von Einsparungen bei der Nutzung den gesamten Betrag zurückerhalten, den wir für einen bestimmten Teil der Installation bezahlen müssen.

**Pumpenoptimierung:** Bei Einsatz von elektronisch geregelten Pumpen kann die Pumpenförderhöhe auf einen Wert reduziert werden, bei dem der geforderte Durchfluss im Gesamtsystem weiter sichergestellt ist, sodass der Energieverbrauch auf ein Minimum gebracht wird.

**Raumtemperaturschwankung:** Die reale Raumtemperatur weicht ständig von der Sollwerttemperatur ab. Die Schwankung bezeichnet die Größe dieser Abweichung.

**Keine Überversorgung:** Der konstante Durchfluss durch ein Endgerät entsprechend dem Solldurchfluss.

**Partnerventil:** Ein zusätzliches manuelles Strangventil ist für alle Stränge erforderlich, um eine ordnungsgemäße Einregulierung zu erreichen. Als Partnerventil können wir ein Ventil beschreiben, an dem die Impulsleitung vom Differenzdruckregelventil (DPCV) angeschlossen werden kann.

**Variabler Durchfluss:** Der Durchfluss im System schwankt entsprechend der temporären Teillast. Er hängt von externen Bedingungen wie Sonnenschein, internen Wärmegewinnen, Raumbelegung usw. ab.

**Thermische Desinfektion:** In Warmwasserbereitungssystemen nimmt die Anzahl von Legionellen mit der Zapftemperatur drastisch zu. Sie verursachen Krankheiten, teilweise mit Todesfolge. Um dies zu vermeiden, wird regelmäßige Desinfektion benötigt. Dazu lässt sich am einfachsten die Temperatur des Warmwassers über ~60–65 °C erhöhen. Bei dieser Temperatur werden die Bakterien vernichtet.

**Drehzahlregelung oder Frequenzumrichtung (FU):** Die Umwälzpumpe ist mit einem integrierten oder externen elektronischen Regler ausgestattet, der konstanten, proportionalen (oder parallelen) Differenzdruck im System sicherstellt.

**Energieeinsparung:** Senkung der Strom- und/oder Heizkosten.

**Umschaltung:** In Anlagen, in denen Kühlung und Heizung nicht parallel arbeiten, muss das System zwischen diesen Betriebsarten umgeschaltet werden.

**Gebäudeklasse:** Räume werden entsprechend ihrer Behaglichkeitsklasse eingestuft (EU-Norm). „A“ ist die höchste Klasse mit der geringsten Raumtemperaturschwankung und besserer Behaglichkeit.

**Stabile Raumtemperatur:** Erreichbar mit proportionalem selbsttätigem oder elektronischem Regler. Diese Anwendung vermeidet unerwünschte Raumtemperaturschwankungen wegen Hysterese des Ein/Aus-Raumthermostats.

**Zapftemperatur:** Die Temperatur des Wassers unmittelbar bei Öffnen des Wasserhahns.

**Teillast:** Jede Last während der Systembetriebszeit, die geringer ist als die Auslegungslast.

**TWW:** Trinkwarmwasser-System.

**AHU:** Klimagerät

**BMS:** Gebäudemanagementsystem

**PICV:** Druckunabhängiges Abgleich- und Regelventil

**CV:** Regelventil

**RC:** Raumtemperaturregelung

**FCU:** Gebläsekonvektor (Fan Coil Unit)

**FL:** Durchflussbegrenzer

**DPCV:** Δp-Regelventil (Differenzdruckregler)

**MBV:** Manuelles Strangventil

**CO6:** 6-Wege-Umschaltventil

**TRV:** Heizkörper-Thermostatventil

**RLV:** Rücklaufverschraubung

**TES:** Thermischer Energiespeicher

# 8 Regelung und Ventil-Theorie

## 8.1 Ventilautorität

Die Ventilautorität ist ein Maß dafür, wie gut das Regelventil (CV) dem von ihm geregelten Kreislauf seine Kennlinie aufzwingen kann. Je höher der Widerstand im Ventil und damit der Druckabfall im gesamten Ventil ist, desto besser kann das Regelventil die Energieemission im Kreislauf regeln.

Die Ventilautorität ($a_{cv}$) wird normalerweise ausgedrückt als das Verhältnis von Differenzdruck im Regelventil bei 100 % Last und vollständig geöffnetem Ventil (Mindestwert ΔPmin) und dem Differenzdruck im Regelventil, wenn es vollständig geschlossen ist (ΔPmax). Wenn das Ventil geschlossen ist, verringern sich die Druckverluste in anderen Teilen des Systems (z. B. Rohre, Kühler und Kessel) und der insgesamt verfügbare Differenzdruck steht dann am Regelventil an. Das ist der Maximalwert (ΔPmax).

Die Formel: $a_{cv} = \Delta Pmin \ / \ \Delta Pmax$

Die Druckverluste in der Installation sind in Abb. 1 dargestellt

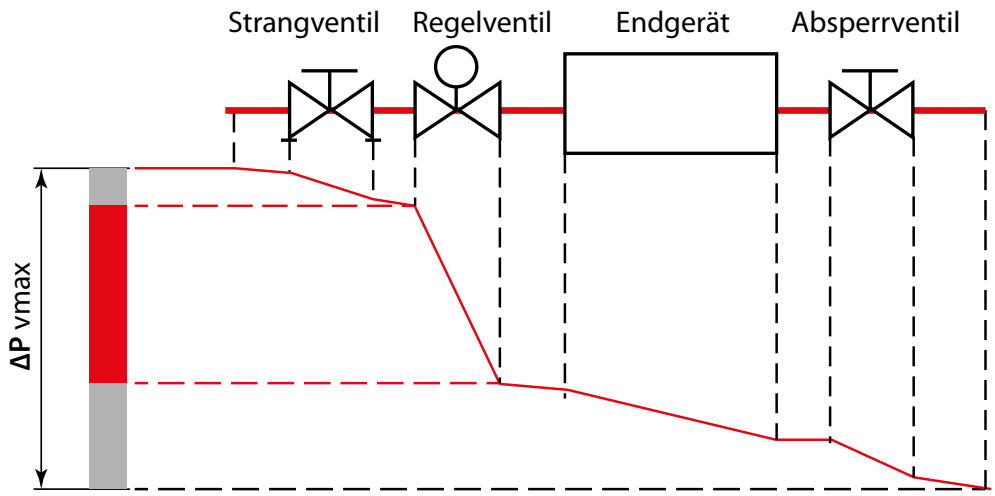



Abb. 1



* siehe Seite 54–55

# Ventilkennlinien

8.2

Jedes Regelventil hat seine eigene Kennlinie, die durch das Verhältnis von Ventilhub und dem entsprechenden Durchfluss definiert wird. Diese Kennlinie wird bei einem konstanten Differenzdruck im gesamten Ventil definiert, also mit einer Autorität von 100 % (siehe Formel). Während der praktischen Anwendung in einer Anlage ist der Differenzdruck jedoch nicht konstant, was bedeutet, dass sich die effektive Kennlinie des Regelventils ändert. Je geringer die Autorität des Ventils ist, desto stärker ist die Kennlinie des Ventils verzerrt. Bei der Gestaltung des Systems ist sicherzustellen, dass die Autorität des Regelventils so hoch wie möglich ist, um die Verzerrung der Kennlinie möglichst gering zu halten.

Die häufigsten Kennlinien sind in den folgenden Grafiken dargestellt:

1. Logarithmische/gleichprozentige Regelventilkennlinie (Abb. 2)

2. Lineare Regelventilkennlinie (Abb. 3)

Die mit 1,0 bezeichnete Linie entspricht der Kennlinie bei einer Autorität von 1, und die anderen Linien repräsentieren zunehmend kleinere Autoritäten.

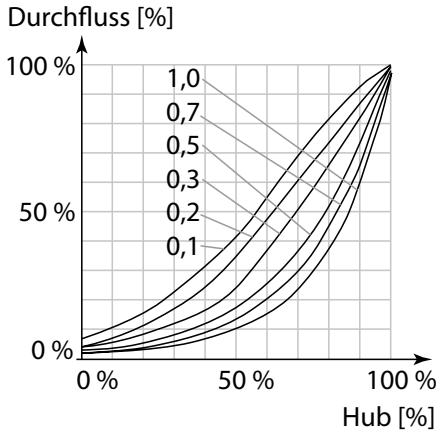



Abb. 2

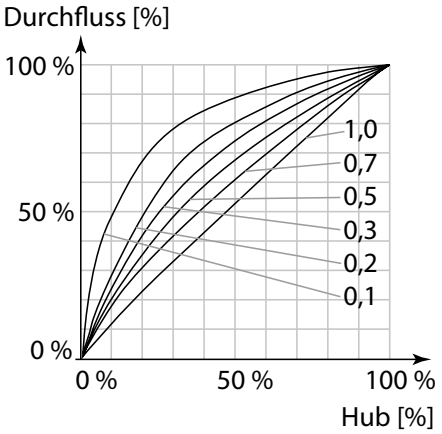



Abb. 3

# Geschlossener Regelkreis in HVAC-Systemen (HLK)

8.3

Das Wort „Regelung“ wird in vielen verschiedenen Kontexten und Zusammenhängen verwendet. Wir sprechen von Qualitätsregelung, Finanzregelung, Betriebsablaufregelung, Produktionsregelung usw. – Begriffe, die sich über ein enormes Spektrum von Aktivitäten erstrecken. Alle diese Arten der Regelung haben jedoch bestimmte Merkmale gemeinsam, wenn sie erfolgreich sein sollen. So setzen sie alle die Existenz eines Systems voraus, dessen Verhalten wir beeinflussen möchten, und die Freiheit, Maßnahmen zu ergreifen, die das System zwingen, sich auf eine erwünschte Weise zu verhalten.

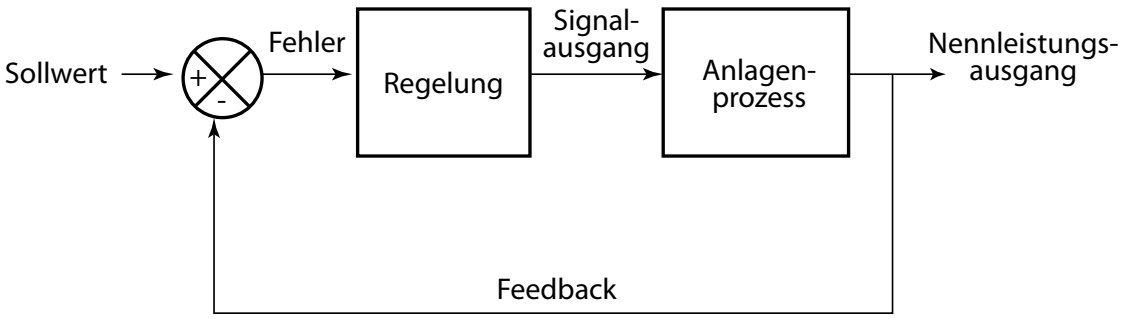



Abb. 4

* siehe Seite 54–55

Das vorstehende Prinzipschema (Abb. 4) ist ein Modell einer kontinuierlich modulierten Regelung. Ein Rückkopplungsregler wird verwendet, um einen Prozess oder eine Operation automatisch zu regeln. Das Regelsystem vergleicht den Wert oder Status der zu regelnden Prozessvariablen mit dem gewünschten Wert oder Sollwert (SP) und wendet die Differenz als Regelsignal an, um die Prozessvariablenleistung der Anlage auf den gleichen Wert wie den Sollwert zu bringen.

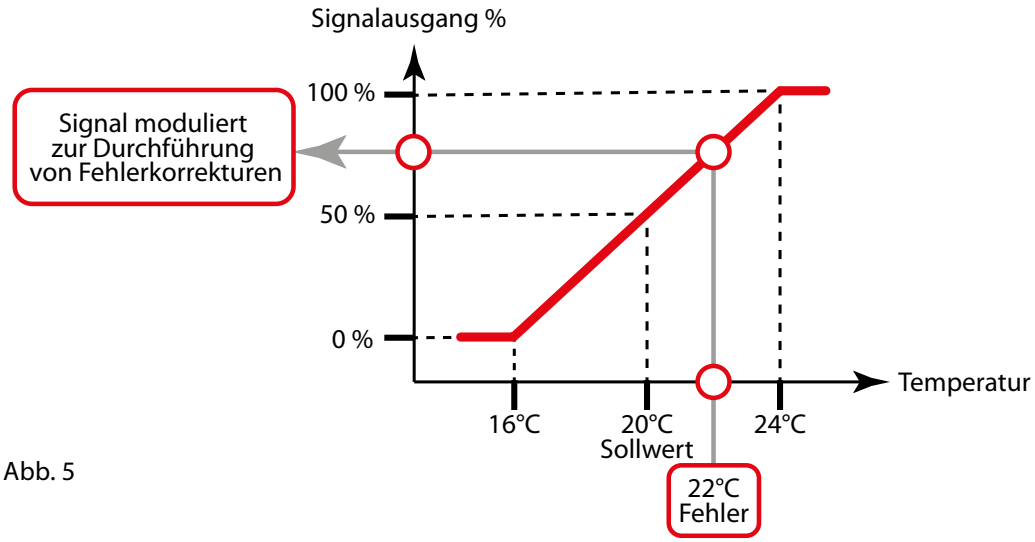



Abb. 5

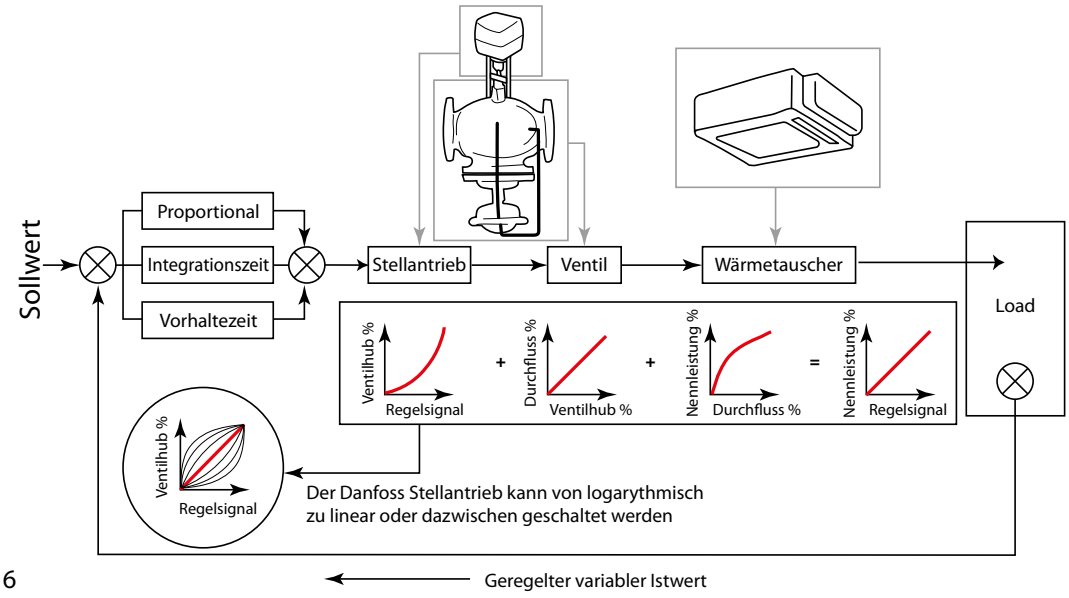



Abb. 6

Jede einzelne Komponente im System hat ihre eigene Kennlinie. Die richtige Kombination der einzelnen Komponenten mit einem ordnungsgemäß eingestellten und abgestimmten Regler sorgt für eine gute Regelreaktion und Effizienz des HVAC-Systems.

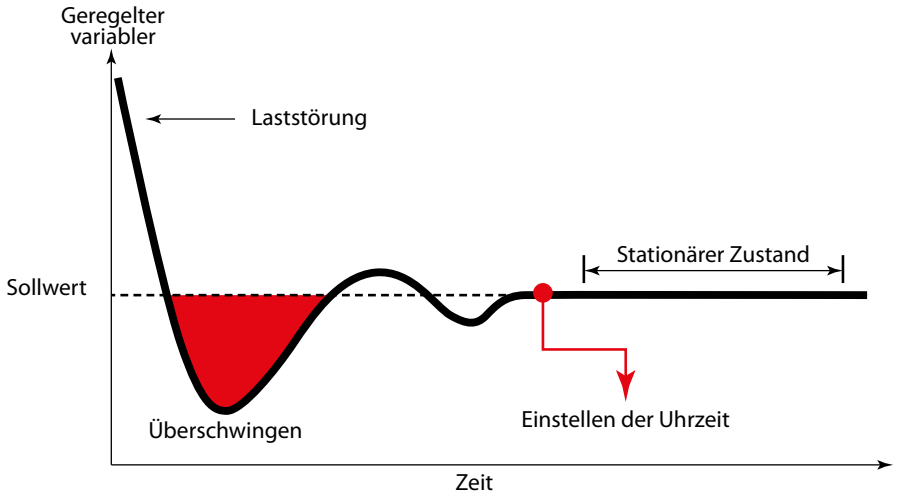



Abb. 7

* siehe Seite 54–55

Das obige Beispiel ist eine typische Regelreaktion bei einer Kühlanwendung. Als Laststörung gilt eine deutliche Veränderung der Last oder des Sollwerts. (Abb. 6)

Das Ziel eines guten Regelsystems ist es, die Einschwingzeit so schnell wie möglich mit der geringsten maximalen Abweichung im stationären Zustand zu erreichen.



## Prozessregelungsanforderung – Anpassung der Systemkennlinie

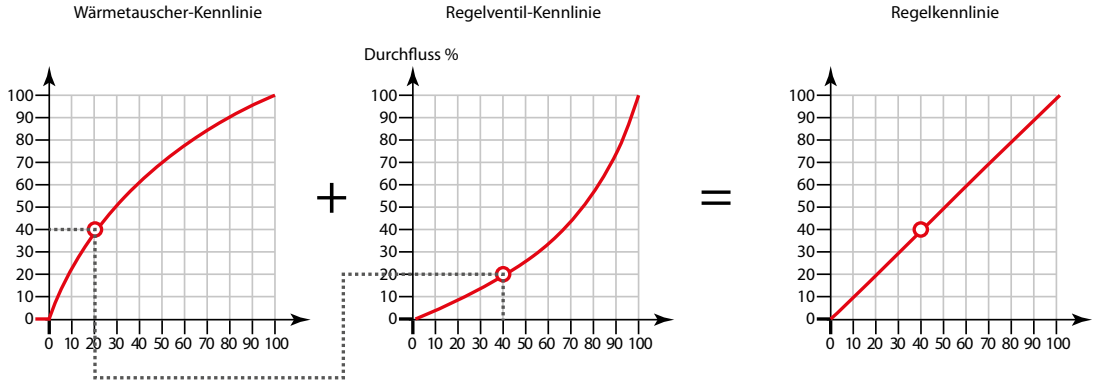



Abb. 8

Jedes Prozesssystem verfügt über eine Mischung aus verschiedenen Kennlinien. Der Hersteller des Regelventils muss immer die Auslegung der Wärmetauscher-Kennlinie einhalten. Wie den vorstehenden Grafiken zu entnehmen ist, ist die Wärmetauscher-Kennlinie logarithmisch, daher ist eine genau entgegengesetzte Kennlinie erforderlich, um die lineare Regelungsanforderung zu erfüllen. Wir erwarten, dass dem Regelsignal von 40 % eine Leistung von 40 % zugewiesen wird. Die obige Regelventilautorität ist gleich 1, was in der Praxis ein unrealistisches Szenario ist. Ein herkömmliches Regelventil ändert sich immer, wenn sich der Differenzdruck innerhalb des Hydrauliksystems ändert. Der Differenzdruck ändert sich, da sich die Last innerhalb des Systems fortwährend ändert.

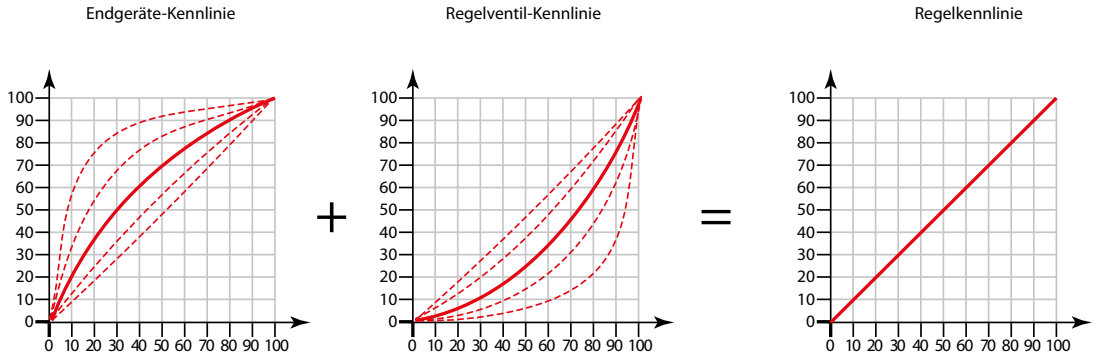



Abb. 9

In der Realität kann der Wärmetauscher unterschiedliche Kennlinien haben. Dies hängt stark von der Größe der Wärmeenergie im Medium ab. In der Kühlanwendung beispielsweise ist die Wärmetauscher-Kennlinie umso steiler, je kälter das Wasser ist. Natürlich gibt es auch viele Faktoren wie die Energieübertragungsfläche und die Luftgeschwindigkeit. Um die genau entgegengesetzte Kennlinie zu treffen, hat Danfoss eine einstellbare Stellantriebskennlinie hinzugefügt. Der Stellantrieb ermöglicht die flexible Umschaltung von linearer auf logarithmische Kennlinie oder dazwischen. Diese Funktion wird als Alpha-Werteinstellung bezeichnet. (Abb. 9)

* siehe Seite 54–55

# 8.5 Die „geringe Temperaturspreizung (ΔT)“

Kühler sind für bestimmte extreme Bedingungen ausgelegt, die vom für diese Installation relevanten Klima abhängen. Es ist wichtig zu wissen, dass dies im Allgemeinen bedeutet, dass die Kühler überdimensioniert sind, da diese extremen Umstände in weniger als 1 % der Betriebszeit auftreten. Tatsächlich können wir sagen, dass die Installation 99 % der Zeit unter Teillast läuft. Wenn die Installation unter Teillast läuft, kann ein als geringe Temperaturspreizung (ΔT) bezeichnetes Phänomen auftreten, das zu sehr geringen Wirkungsgraden des Kühlers und einem schnellen Ein- und Ausschalten des Kühlers führen kann. Darüber hinaus verhindert die geringe Temperaturspreizung (ΔT), dass die Kühler im sogenannten Max-Cap-Modus laufen. Während des Max-Cap kann der Kühler bei sehr hohen Wirkungsgraden mehr als seine Nennleistung abgeben.

Eine geringe Temperaturspreizung (ΔT) tritt auf, wenn die Rücklauftemperatur zum Kühler niedriger als die Auslegungstemperatur ist. Wenn die Installation für eine Differenztemperatur von 6 K ausgelegt ist, das in den Kühler eingespeiste Wasser jedoch nur 3 K unter dem Sollwert für die Kühlwasserversorgung liegt, liegt es auf der Hand, dass der Kühler maximal nur 50 % seiner Nennleistung liefern kann. Wenn dies für die Situation nicht ausreicht, verfügt die Installation entweder nicht über genügend Kapazität oder es muss ein zusätzlicher Kühler eingesetzt werden.

Nehmen wir das folgende Beispiel: Wenn die Rücklauftemperatur des Sekundärkreises niedriger als die Auslegungstemperatur ist (durch Überversorgungsprobleme usw.), können Kühler nicht mit ihrer maximalen Kapazität belastet werden. Wenn die Kühler in der Kaltwasseranlage, ausgelegt zur Kühlung von 13 °C-Kaltwasserrücklaufs auf 7 °C, eine Auslegungsdurchflussmenge mit 11 °C statt mit einer Auslegungstemperatur von 13 °C empfangen, wird der Kühler mit dem folgenden Verhältnis belastet:

$$\text{CHL}(\%) = \left[\frac{\text{CWRTR} - \text{CWSTD}}{\text{CWRTR} - \text{CWSTD}}\right] \times 100\,\% = \left[\frac{11\text{-}7}{13\text{-}7}\right] \times 100\,\% = 66{,}6\,\%$$

**Wobei gilt:**
- CHL (%) – Prozent Kühlerlast
- CWRTR – Echte Kaltwasserrücklauftemperatur (in unserem Fall 11 °C)
- CWSTD – Auslegungstemperatur des Kaltwasservorlaufs (in unseren Fall 7 °C)
- CWRTD – Auslegungstemperatur des Kaltwasserrücklaufs (in unserem Fall 13 °C)

Wenn das niedrige ΔT (die Differenz zwischen der Kaltwassertemperatur im Rück- und Vorlauf) in der Anlage in diesem Fall von 6 °C (13 °C–7 °C) Auslegungszustand auf 4 °C (11 °C–7 °C) gesenkt worden ist, dann sinkt die Leistung des Kühlers um 33,4 %.

In vielen Fällen kann der Betriebswirkungsgrad des Kühlers um 30 bis 40 Prozent sinken, wenn die Kaltwasserrücklauftemperatur niedriger als die Auslegungstemperatur ist. Wenn das ΔT dagegen erhöht ist, kann der Wirkungsgrad des Kühlers um bis zu 40 % steigen.

**Abhilfe**

**Es gibt mehrere potenzielle Ursachen für geringe Temperaturspreizung (ΔT):**

**Verwendung von 3-Wege-Regelventilen:**

3-Wege-Ventile leiten von Natur aus das Kaltwasser im Vorlauf in die Rücklaufleitung um, sodass die Kaltwassertemperatur niedriger als die Auslegungstemperatur wird. Dies verstärkt das Problem geringer Temperaturspreizung (in Anwendungen 1.1.12.1; 3.1.2 präsentiert).

Die Abhilfe: Keine 3-Wege-Regelventile verwenden, sondern ein System mit variablem Durchfluss mit modulierender Regelung. Wenn 3-Wege-Regelventile unvermeidbar sind, wird Anwendung 1.1.2.2. empfohlen, um Überversorgung unter Teillastbedingungen zu begrenzen.

**Schlechte Auswahl des 2-Wege-Regelventils mit nicht fachgemäßem Systemabgleich:**

Ein falsch dimensioniertes 2-Wege-Regelventil kann einen höheren Wasserdurchfluss als erforderlich ermöglichen. Die geringe Temperaturspreizung (ΔT) wird bei Teillast durch Druckänderung im System verschlimmert, wodurch sich eine hohe Überversorgung durch die Regelventile ergibt. Dieses Phänomen tritt insbesondere in Systemen mit fehlerhaftem hydraulischen Abgleich auf, wie in Anwendung 1.1.1.7 präsentiert.

Die Abhilfe: 2-Wege-Regelventile mit eingebauten Druckreglern (PICV). Die Druckregelfunktion von druckunabhängigen Regelventilen (PICV) beseitigt das Überversorgungsproblem und damit auch die geringe Temperaturspreizung (ΔT).

**Auch entfallen andere Probleme, wie z. B.:**

Falscher Sollwert, Regelkalibrierung oder reduzierte Wärmetauscher-Effektivität.



* siehe Seite 54–55

# Das „Überversorgungsphänomen“

Eine Quelle bekannter Probleme in Kaltwasseranlagen wie das Problem der geringen Temperaturspreizung (ΔT) ist das Überversorgungsphänomen. In diesem Kapitel werden wir kurz erklären, was dieses Phänomen ist und wodurch es verursacht wird.

Alle Systeme sind für Nennbedingungen (100 % Last) ausgelegt. Die Planer berechnen die Pumpenförderhöhen basierend auf dem kombinierten Druckabfall in Rohren, Endgeräten, Strangventilen, Regelventilen und anderen Elementen in der Installation (Filter, Wärmezähler usw.), sofern die Installation mit maximaler Kapazität betrieben wird.

Betrachten wir ein traditionelles System wie unten in Abb. 10.1 dargestellt, das auf Anwendung 1.1.1.7 basiert. Es ist klar, dass das Endgerät und das Regelventil, die sich näher an der Pumpe befinden, einen höheren verfügbaren Differenzdruck haben als die letzte in der Installation. In dieser Anwendung muss unnötiger Druck durch manuelle Strangventile reduziert werden, somit werden die manuellen Strangventile, die sich näher an der Pumpe befinden, stärker gedrosselt. Das System arbeitet nur bei 100 % Last ordnungsgemäß.

In Abb. 10.2 sehen wir eine sogenannte Ringverlegung des Rücklaufs (Tichelmann). Das Konzept hinter diesem System ist, dass die Gesamtrohrlänge für jedes Endgerät gleich und somit kein Abgleich erforderlich ist, da der verfügbare Druck für alle Einheiten gleich ist. Bitte beachten Sie, dass Sie das System trotzdem mit Strangventilen abgleichen müssen, wenn die Endgeräte unterschiedliche Durchflussmengen benötigen. Im Allgemeinen können wir sagen, dass die einzige ordnungsgemäße Anwendung eines Tichelmann-Systems dann gegeben ist, wenn es sich um ein System mit konstantem Durchfluss (3-Wegeventile) handelt und alle Endgeräte gleich groß sind.

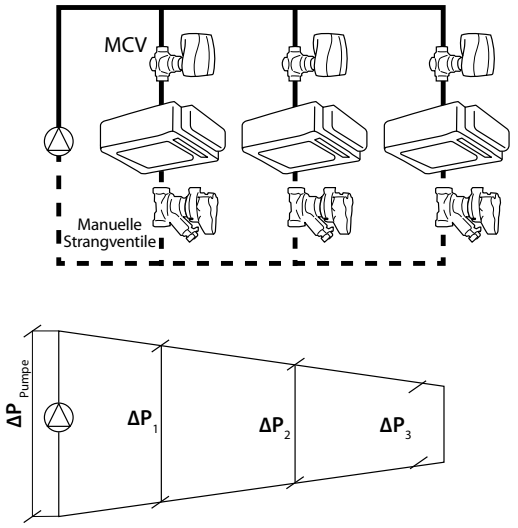



Abb. 10.1 *Direktes Rücklaufsystem (nicht empfohlenes System)*

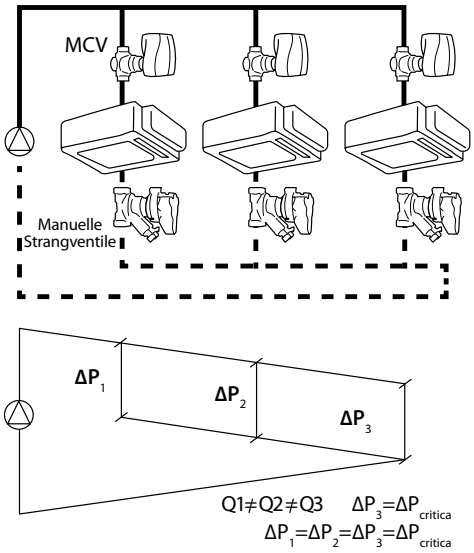



Abb. 10.2 *Statische FCU-Regelung mit variablem Durchfluss (nicht empfohlenes System)*

Zur Regelung des Durchflusses an jedem Endgerät kommen Zweiwege-Regelventile zum Einsatz. Betrachten wir die Situation bei Teillast (d. h. Endgerät 2 ist geschlossen).

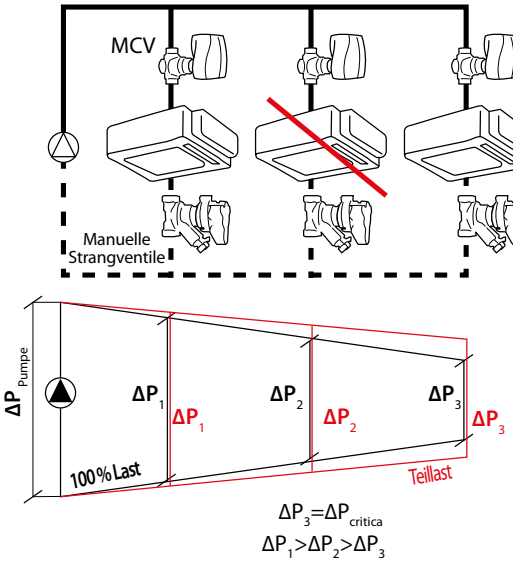



Abb. 11.1 *Teillast – direktes Rücklaufsystem*

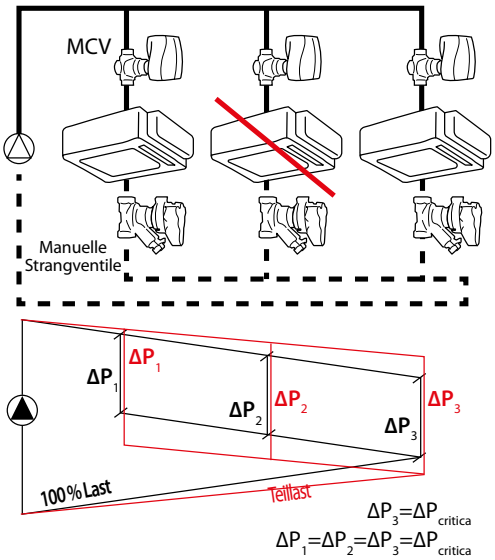



Abb. 11.2 *Teillast – Umkehr-Rücklaufsystem*

* siehe Seite 54–55

Durch einen niedrigeren Durchfluss im System nimmt der Druckabfall im Rohrnetz ab und liefert damit einen höheren verfügbaren Druck in den noch offenen Kreisläufen. Da manuelle Abgleichventile (MBV) mit festen, statischen Einstellungen zum Abgleich des Systems verwendet wurden, wird das System unausgeglichen. Folglich verursacht ein höherer Differenzdruck an den 2-Wege-Regelventilen Überversorgung an den Fan-Coils. Dieses Phänomen tritt in normalen Rücklaufsystemen sowie bei Ringverlegung des Rücklaufs (Tichelmann) auf. Darum werden diese Anwendungen nicht empfohlen, da die Kreisläufe druckabhängig sind.

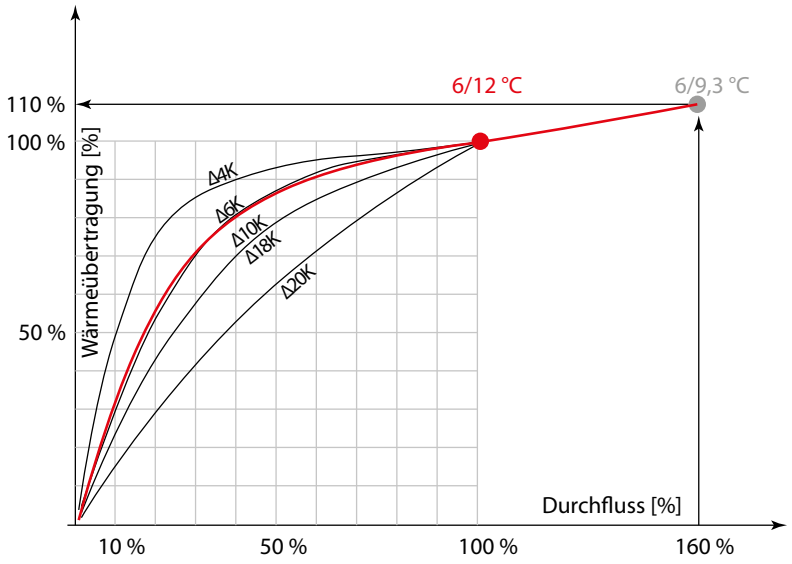



Abb. 12 *Emissionskennlinie Endgerät*

Ein traditioneller Gebläsekonvektor (FCU) ist in der Regel für eine Temperaturdifferenz (ΔT) von 6 K ausgelegt. Eine Emission von 100 % wird bei 100 % Durchfluss am Endgerät bei einer Vorlauftemperatur von 6 °C und einer Rücklauftemperatur von 12 °C erreicht. Die Überversorgung am Endgerät hat wenig Einfluss auf die Emission. Ein anderes Phänomen ist jedoch für die ordnungsgemäße Funktionalität des Kaltwassersystems kritischer. Ein höherer Durchfluss durch die Endgeräte hat einen erheblichen Einfluss auf die Wärme-/Kühlübertragung, was bedeutet, dass die Rücklauftemperatur niemals die Auslegungstemperatur erreicht. Anstelle der Auslegungstemperatur von 12 °C ist die tatsächliche Temperatur viel niedriger, z. B. 9,3 °C. Eine niedrigere Rücklauftemperatur vom FCU kann zum Phänomen der geringen Temperaturspreizung (ΔT) führen.

Für Systeme mit variablem Durchfluss wird die Verwendung von Pumpen mit fester Drehzahl nicht empfohlen, da diese das Überversorgungsproblem verstärken. Dies geht deutlich aus Abb. 13 hervor. Die Abbildung zeigt die Pumpenkurve, wobei die unterschiedlich gefärbten Bereiche die Druckabfälle im System repräsentieren. Der rote Bereich repräsentiert den Druckabfall über dem Regelventil. Wenn wir die Pumpe ihrer natürlichen Kurve folgen lassen, sehen wir, dass mit abnehmendem Durchfluss der Differenzdruck ansteigt. Wenn Sie den Differenzdruck bei 50 % der Last vergleichen, sehen Sie, dass die verfügbare Pumpenförderhöhe viel höher ($P_1$) ist als die Pumpenförderhöhe bei Volllast ($P_{nom}$). Der gesamte zusätzliche Druck muss vom Regelventil aufgenommen werden. Dies führt zu Überversorgung im System sowie zu einer erheblichen Verformung der Ventilkennlinie.



* siehe Seite 54–55

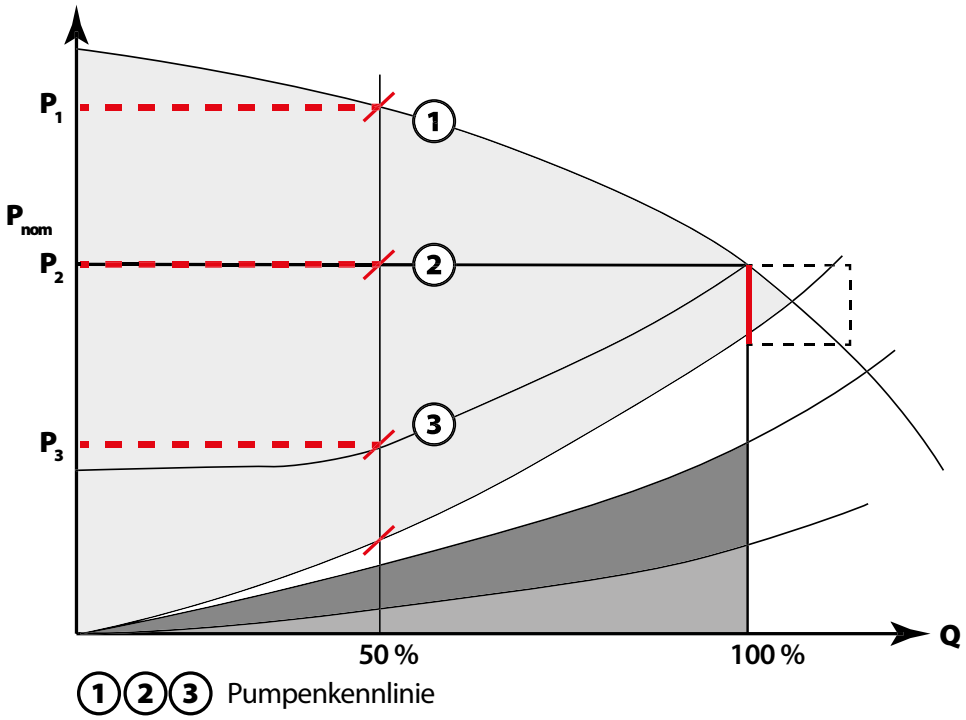



Abb. 13 *Unterschiedliche Pumpenkennlinien*

Heute können die gebräuchlichen Drehzahlregelungen (FU*) mit Drucktransmittern die Pumpenkennlinie entsprechend den Durchfluss- und Druckänderungen im Wassersystem ändern. Der Nenndurchfluss bei 100 % Last und der oben genannte Druckabfall im System bestimmt die Pumpenförderhöhe, die gleich dem Nenndruck Pnom ist. Wir können sehen, dass ein konstanter Differenzdruck bei Teillast zu einer viel besseren Situation führt. Der Differenzdruck über dem Regelventil steigt viel weniger an als wenn die natürliche Kurve der Pumpe verfolgt wird. Bitte beachten Sie jedoch, dass der Druck am Regelventil immer noch erheblich ansteigt.

Moderne Pumpen sind mit Drehzahlreglern ausgestattet, die die Pumpe nicht nur anhand des Drucks, sondern auch anhand des Durchflusses modifizieren können, die sogenannte Proportionalregelung. Wird der Durchfluss verringert, geht auch der Differenzdruck zurück. Theoretisch führt dies zu den besten Resultaten, wie aus $P_3$ in Abb. 13 hervorgeht. Leider ist es nicht vorhersehbar, wo in der Installation der Durchfluss reduziert wird, sodass nicht garantiert werden kann, dass der Druck so stark reduziert werden kann, wie in Abb. 13 zu sehen ist. Es wird daher dringend empfohlen, den Differenzdruck auf $P_2$-Niveau zu begrenzen, um zu verhindern, dass Teile der Installation in bestimmten Situationen unterversorgt werden.

Die unausweichliche Schlussfolgerung ist, dass Über- und Unterversorgungsprobleme nicht allein durch die Pumpe gelöst werden können. Es wird daher dringend empfohlen, druckunabhängige Lösungen zu verwenden. Druckunabhängige Abgleich- und Regelventile (PICV/AB-QM) können Druckschwankungen im System ausgleichen und sorgen dafür, dass die Endgeräte unter allen Systemlasten immer den richtigen Durchfluss erhalten. Wir empfehlen auf jeden Fall die Verwendung einer Drehzahlregelung FU* an der Pumpe, da dies zu erheblichen Einsparungen führt. Für die Regelungsmethode empfehlen wir eine feste Differenzdruckregelung, die unter allen Umständen einen ausreichenden Druck garantiert. Wenn eine Proportionalregelung gewünscht wird, kann das AB-QM unter solchen Bedingungen arbeiten. Wir empfehlen jedoch, die Druckdifferenz auf einem $P_3$-Niveau zu halten, um eine Unterversorgung bestimmter Teile der Installation während der Teillast zu verhindern.

* siehe Seite 54–55

# 8.7 Das „Unterversorgungsphänomen“

Wie aus Abb. 10.1 ersichtlich ist, ist der verfügbare Druck für den ersten Kreis viel höher als der Druck für den letzten Kreis. In dieser Anwendung sollten die MBV dies beheben, indem sie den überschüssigen Durchfluss drosseln. Daher sollte das letzte MBV so weit wie möglich geöffnet werden und die anderen MBV sollten immer mehr gedrosselt werden, je näher sie sich an der Pumpe befinden.

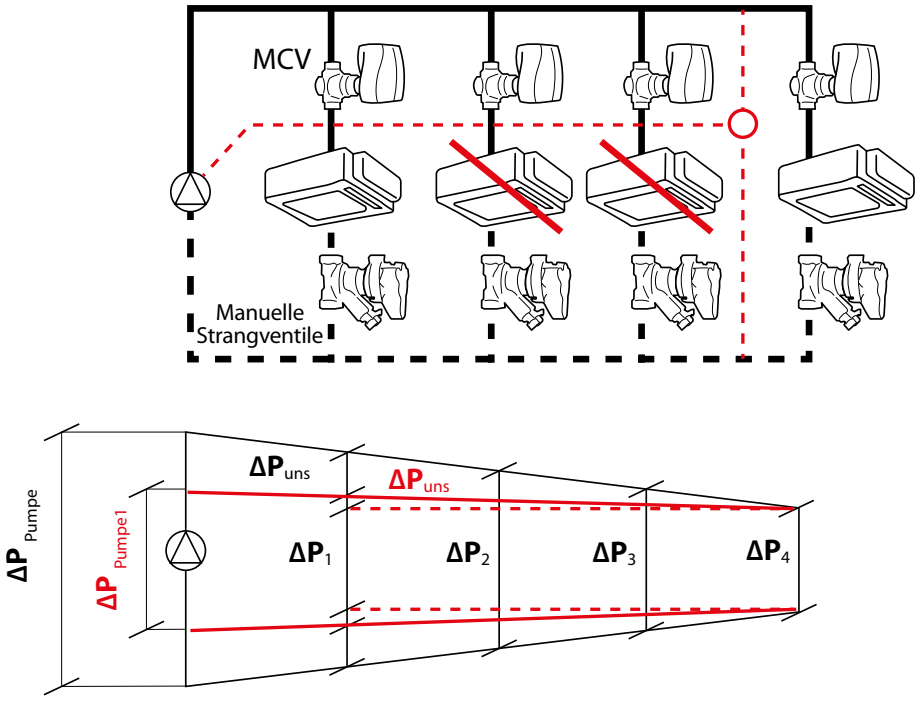



Abb. 14 *Direktes System mit proportionaler Pumpenregelung*

Bei einer Standardanwendung wird der Differenzdruck-Fühler, der die Pumpe steuert, am letzten Endgerät platziert, um den Pumpenverbrauch zu minimieren. Wir können sehen, was passiert, wenn die beiden mittleren Endgeräte geschlossen sind. Da der Durchfluss in der Rohrleitung erheblich reduziert wird, sinkt auch der Widerstand im System, was bedeutet, dass der Großteil der Pumpenförderhöhe am Ende der Installation landet, wo sich der Fühler befindet. Dies wird durch die roten Linien in Abb. 14 dargestellt. Bei einem Blick auf das erste Endgerät sehen Sie, dass der Druck auf den Kreis zwar gleich sein sollte, dieser aber tatsächlich einen viel geringeren Differenzdruck und damit zu wenig Durchfluss erhält. Dies kann zu der verwirrenden Situation führen, in der die Installation bei Volllast problemlos funktioniert und bei reduzierter Last Kapazitätsprobleme in der Nähe der Pumpe auftreten. Naturgemäß werden die Probleme durch eine Proportionalregelung der Pumpe erheblich verschärft. Die Pumpe erfasst einen Durchflussabfall von 50 % und senkt dementsprechend den Differenzdruck, wodurch noch geringere Durchflussmengen im ersten Endgerät und ein Kapazitätsproblem auch im letzten Endgerät entstehen.

Ein häufig vorgeschlagener Kompromiss zwischen der Erzeugung einer Unterversorgung und der Minimierung des Pumpenverbrauchs besteht darin, den Fühler auf eine Länge von zwei Dritteln des Systems einzustellen. Hierbei handelt es sich jedoch nach wie vor um einen Kompromiss und es gibt keine Garantie für den richtigen Durchfluss unter allen Umständen. Eine einfache Lösung besteht darin, druckunabhängige Abgleich- und Regelventile (AB-QM) an jedem Endgerät anzubringen und die Pumpe auf konstanten Differenzdruck zu regeln. Auf diese Weise maximieren Sie die Einsparungen an der Pumpe ohne Unter- oder Überversorgungsprobleme.



* siehe Seite 54–55

# Energieeffizienzanalysen

## Ziel:

In diesem Kapitel beschreiben wir detailliert die Unterschiede zwischen vier hydraulischen Abgleich- und Regelungslösungen für ein imaginäres Hotelgebäude.
Zu Vergleichszwecken ist das HVAC-System in unserem Hotelgebäude mit einem 4-Rohr-Heiz-/Kühlsystem ausgestattet.
Für jede der vier Lösungen analysieren wir den Energieverbrauch/die Energieeffizienz. Durch Addition der Investitions- und Betriebskosten wird die Amortisationszeit für jede der Lösungen berechnet.

- MBV_ON/OFF – 2-Wege-Regelventil mit EIN/AUS-Stellantrieb am Endgerät und manuellen Strangventilen an Verteilleitung, Strängen und Endgeräten
- DPCV_ON/OFF – 2-Wege-Regelventil mit EIN/AUS-Stellantrieb am Endgerät und Differenzdruck-Regelventilen an Strängen
- DPCV_modulation – 2-Wege-Regelventil mit modulierendem Stellantrieb am Endgerät und Differenz-druck-Regelventilen an Strängen
- PICV_modulation – Danfoss-Empfehlung – Druckunabhängiges Regelventil (PICV) mit modulierendem Stellantrieb am Endgerät. Optionales MBV zur Überprüfung des Durchflusses an den Strängen

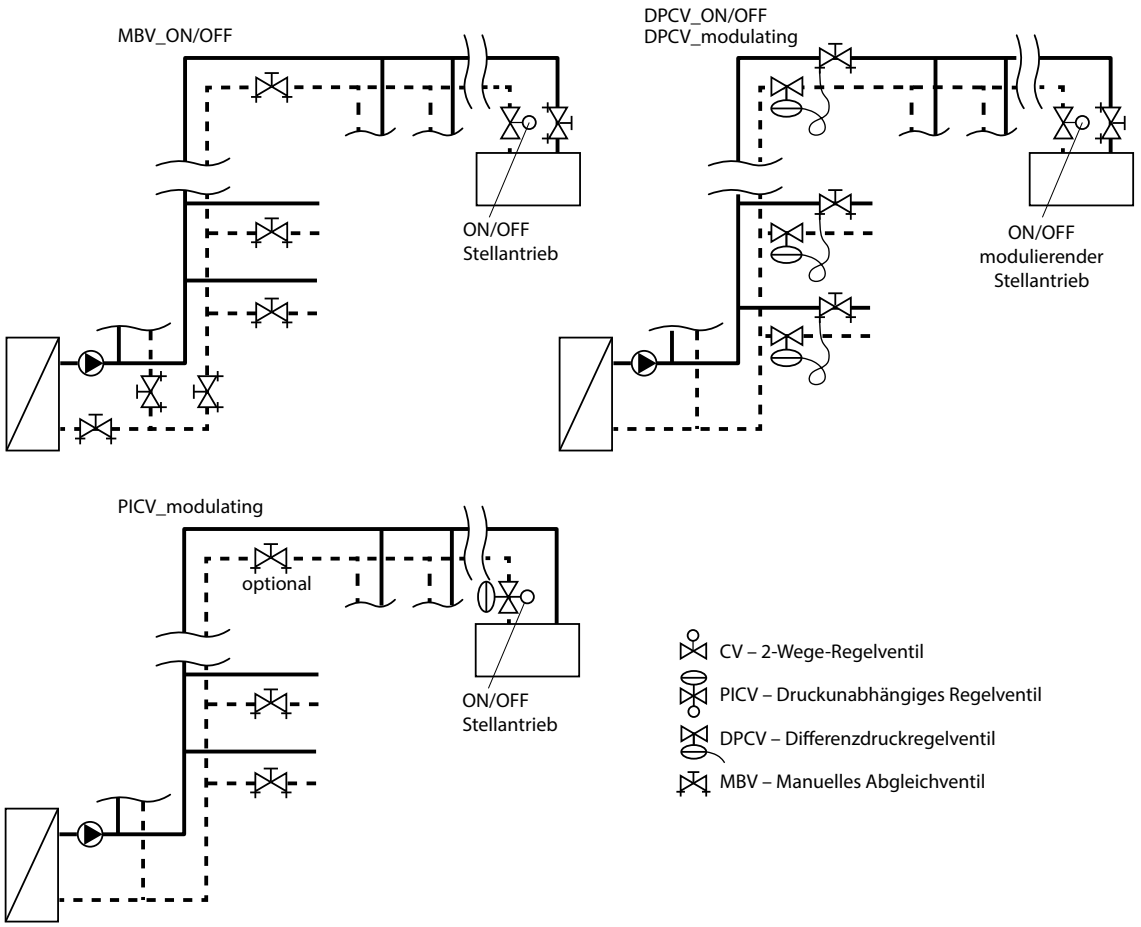



Abb. 15

* siehe Seite 54–55

# 9.2 Daten:

| Gebäudedaten | | |
|---|---|---|
| Volumen | 57600 | $m^3/h$ |
| Bereich gesamt | 18000 | $m^2$ |
| Anzahl Etagen | 15 | |
| Bereich/Etage | 1200 | $m^2$ |

| Kühlbedarf | | |
|---|---|---|
| Kapazität | 900 | kW |
| Spreizung | 7/12 | °C |
| Kühlbedarf/$m^2$ | 50 | $W/m^2$ |
| Kühlbedarf/$m^3$ | 15,6 | $W/m^3$ |
| | | |
| KÜHLSYSTEMDATEN | | |
| Anzahl Stränge | 2 | |
| Anzahl Stränge | 15 | |
| Anzahl Einheit/Strang | 20 | |
| Anzahl Einheit gesamt | 600 | |
| Leistung/Einheit | 1,5 | kW |
| Leistung/Strang | 30 | kW |
| | | |
| Durchfluss/Einheit | 258 | 1/h |
| Durchfluss/Strang | 5160 | 1/h |
| Durchfluss/Strang | 77400 | 1/h |
| Durchfluss/Gebäude | 154800 | 1/h |
| | | |
| Stromkosten | 0,15 | EUR/kWh |
| Kühlsaison | 150 | Tage |
| Kühler COP (Leistungszahl) | 3,5 | |

| Heizbedarf | | |
|---|---|---|
| Kapazität | 630 | kW |
| Spreizung | 50/40 | °C |
| Kühlbedarf/$m^2$ | 35 | $W/m^2$ |
| Kühlbedarf/$m^3$ | 11 | $W/m^3$ |
| | | |
| HEIZUNGSSYSTEMDATEN | | |
| Anzahl Stränge | 2 | |
| Anzahl Stränge | 15 | |
| Anzahl Einheit/Strang | 20 | |
| Anzahl Einheit gesamt | 600 | |
| Leistung/Einheit | 1,05 | kW |
| Leistung/Strang | 21,0 | kW |
| | | |
| Durchfluss/Einheit | 91 | 1/h |
| Durchfluss/Strang | 1820 | 1/h |
| Durchfluss/Strang | 27300 | 1/h |
| Durchfluss/Gebäude | 54600 | 1/h |
| | | |
| Stromkosten | 0,008 | EUR/kWh |
| Kühlsaison | 180 | Tage |
| Kühler COP (Leistungszahl) | Kondensation | |

# 9.3 Systemschema:

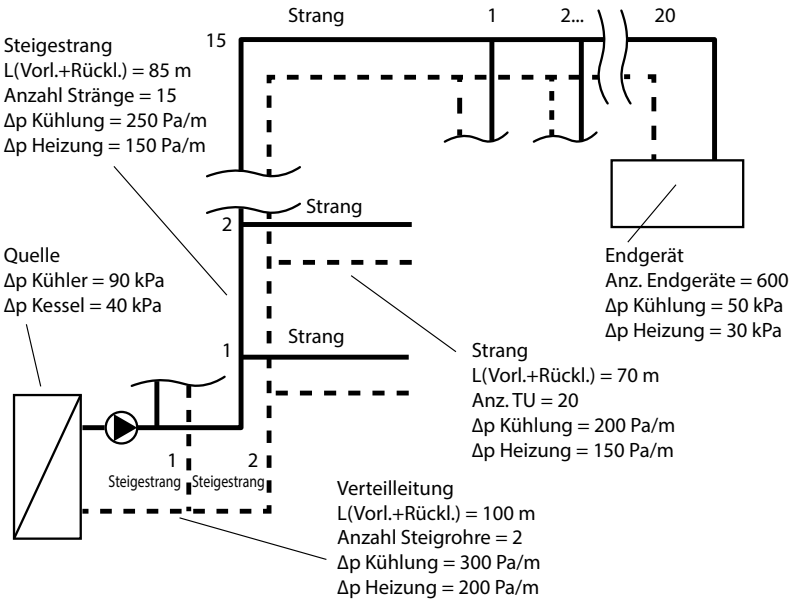



Abb. 16

# Lastprofil:

## Kühllastprofil:

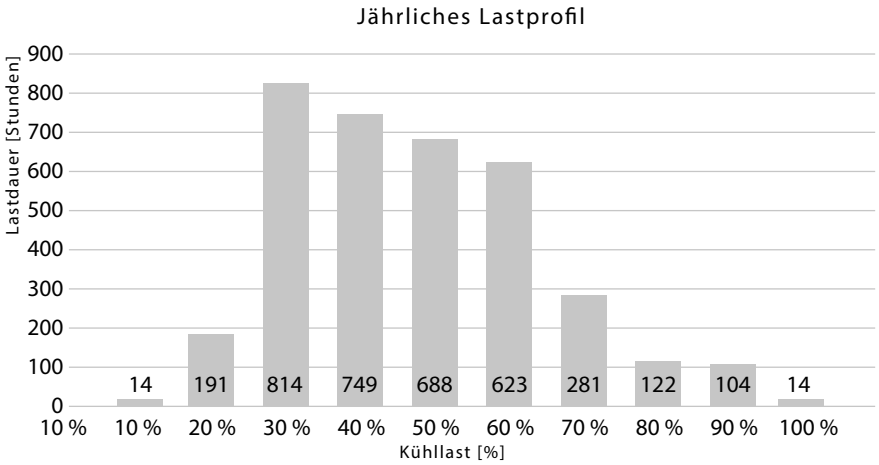



Abb. 17

| Last [%] | 10% | 20% | 30% | 40% | 50% | 60% | 70% | 80% | 90% | 100% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Uhrzeit [%] | 0,40% | 5,30% | 22,60% | 20,80% | 19,10% | 17,30% | 7,80% | 3,40% | 2,90% | 0,40% |
| Leistung [kW] | 90 | 180 | 270 | 360 | 450 | 540 | 630 | 720 | 810 | 900 |
| Zeit [Stunden] | 14 | 191 | 814 | 749 | 688 | 623 | 281 | 122 | 104 | 14 |
| Energieverbrauch [kWh] | 1296 | 34344 | 219672 | 269568 | 309420 | 336312 | 176904 | 88128 | 84564 | 12960 |

| | |
|---|---|
| Erwarteter Kühlenergieverbrauch [kWh/a] | 1 533 168,0 |
| Erwarteter Stromverbrauch (COP = 3,5) [kWh/a] | 438 048,0 |
| Erwartete Energiekosten [EUR/a] | 65 707,20 |

## Heizlastprofil:

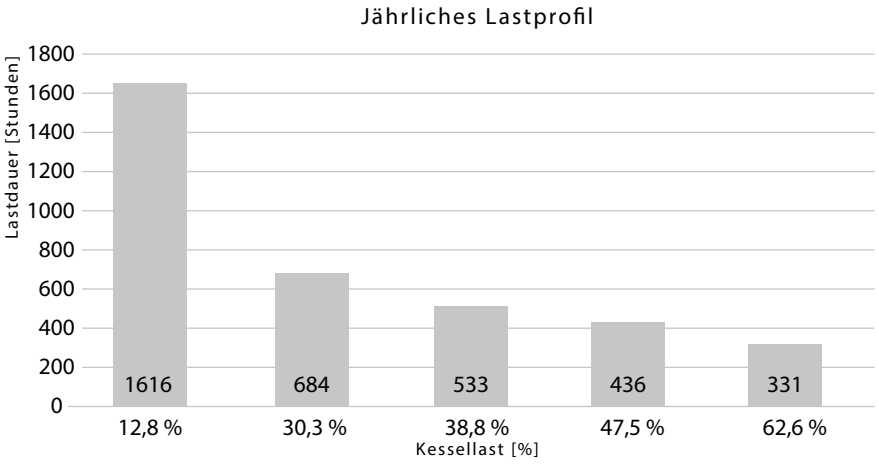



Abb. 18

| Last [%] | 12,8% | 30,3% | 38,8% | 47,5% | 62,6% |
|---|---|---|---|---|---|
| Uhrzeit [%] | 44,9% | 19,0% | 14,8% | 12,1% | 9,2% |
| Leistung [kW] | 115,2 | 272,7 | 349,2 | 427,5 | 563,4 |
| Zeit [Stunden] | 1616 | 684 | 533 | 436 | 331 |
| Energieverbrauch [kWh] | 186209 | 186527 | 186054 | 186219 | 186598 |

| | |
|---|---|
| Erwarteter Heizenergieverbrauch [kWh/a] | 931 606,9 |
| Erwartete Energiekosten [EUR/a] | 26 830,28 |

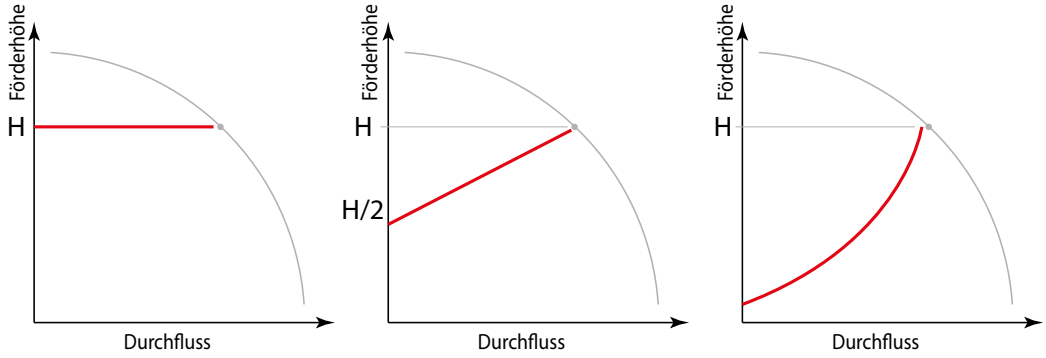
# 9.5 Energieverbrauch

## Kühlung:

### Pumpenenergieverbrauch

Die bestgeeignete Pumpenregelung wird mit einer passenden Abgleichs- und Regelungslösung kombiniert.

| | |
|---|---|
| MBV_ON/OFF | konstante Differenzdruckpumpenregelung |
| DPCV_ON/OFF | proportionaler Druck, errechnete Regelung |
| DPCV_modulation | proportionaler Druck, errechnete Regelung |
| PICV_modulation | proportionaler Druck, gemessene Regelung |




konstante Differenzdruck-pumpenregelung

proportionaler Druck, errechnete Regelung

proportionaler Druck, gemessene Regelung

Abb. 19

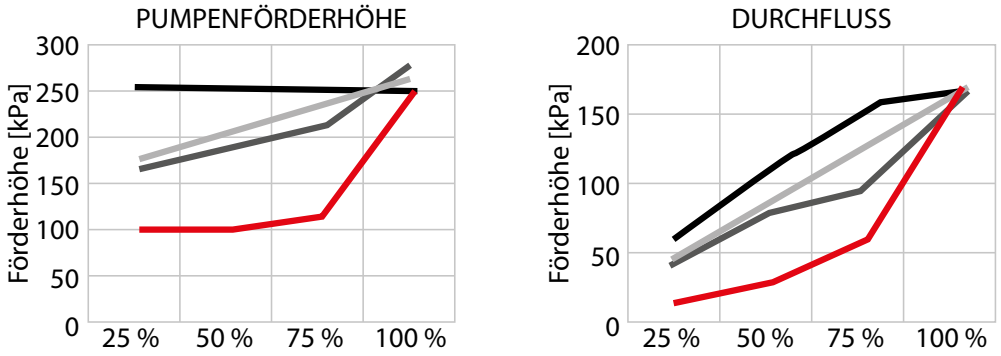



Abb. 20

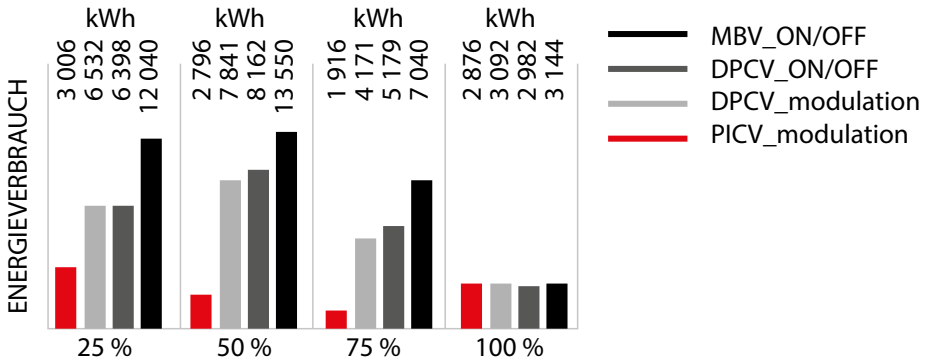



Abb. 21

## Kühler Energieverbrauch Vergleich:

**Auslegungsbedingungen:**

| | |
|---|---|
| Kühleranlage: | Variabler Primärdurchfluss |
| COP: | 3,5 kW/kW (100 % Last) |
| Kühlwasser-Vorlauftemperatur (konstant): | $T_{kw, Vorlauf}$ = 7 °C |
| Kühlwasserrücklauftemperatur (variabel): | $T_{kw, Rücklauf}$ = 12 °C |
| Konstruktion | $\Delta T_{kw}$=5 K |

**Annahme:**

Wenn $\Delta T_{kw}$ <5 K => $T_{kw, Rücklauf}$ <12 °C, fällt COP ab

wenn $\Delta T_{kw}$ >5 K => $T_{kw, Rücklauf}$ >12 °C, steigt COP

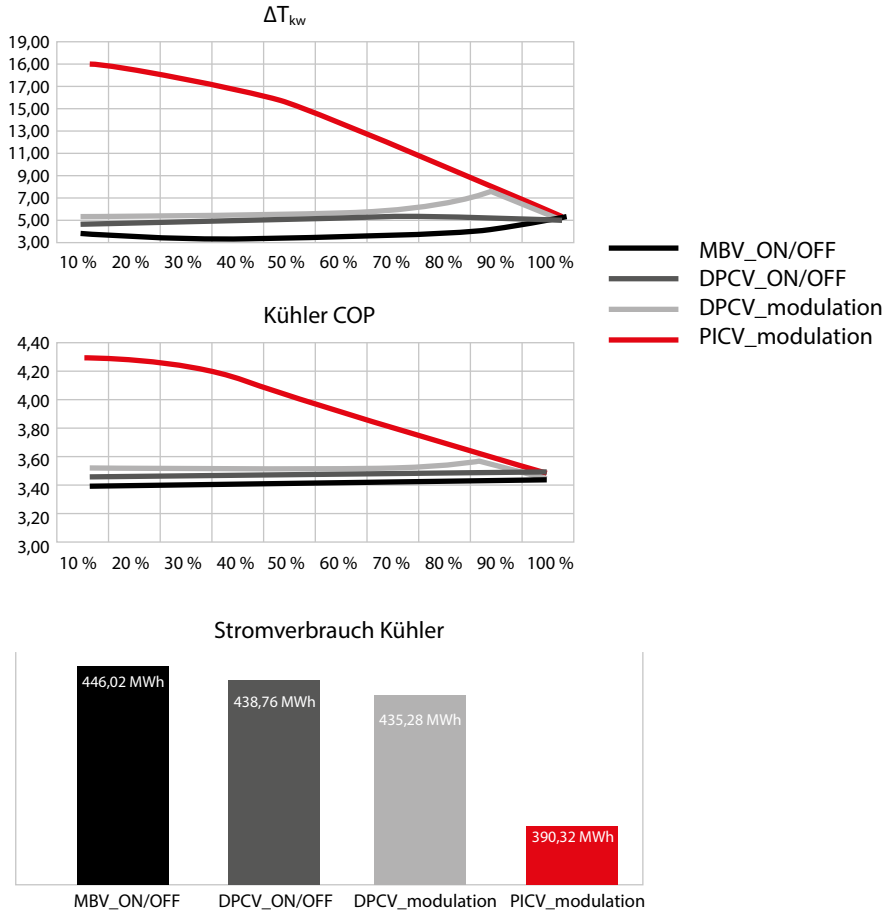


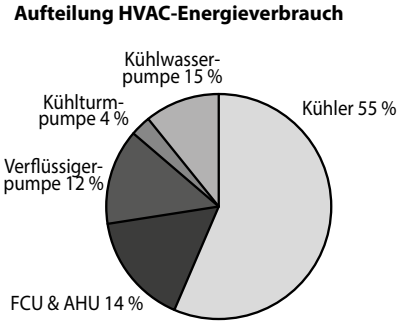

Abb. 22

## Temperaturregelung Energieverbrauch Vergleich:

Erwartete Raumtemperaturabweichung:

| | | | |
|---|---|---|---|
| MBV_ON/OFF | ±1,5 °C | = | 22,5 % |
| DPCV_ON/OFF | ±1,0 °C | = | 15 % |
| DPCV_modulation | ±0,5 °C | = | 8 % |
| PICV_modulation | ±0,0 °C | = | 0 % |

Jede Abweichung von 1 °C führt zu einem um 12–18 % höheren Energieverbrauch pro gesamtes Kühlsystem. Für die Berechnung wird ein Wert von 15 % pro 1 °C Abweichung herangezogen.




Der Energieverbrauch des Kühlers beträgt ca. 55 % des gesamten Energieverbrauchs des Kühlsystems. Als Referenzwert legen wir einen Energieverbrauch des Kühlers von 390 MWh zugrunde. Dann verbraucht das gesamte Kühlsystem 710 MWh elektrische Energie pro Saison.

Abb. 23

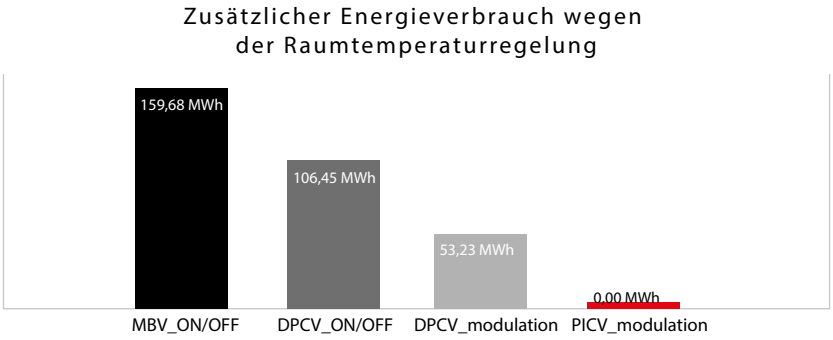



Abb. 24

## Vergleich:

| | MBV_ON/OFF | DPCV_ON/OFF | DPCV_MODULATION | PICV_MODULATION |
|---|---|---|---|---|
| **Energieverbrauch** | | | | |
| Pumpen | 35.774,0 kWh | 22.721,0 kWh | 21.636,0 kWh | 10.594,0 kWh |
| Energieverbrauch Kühler | 446.022,2 kWh | 438.761,6 kWh | 435.275,7 kWh | 390.322,6 kWh |
| Zus. Energieverbrauch Temperaturregelung | 159.676 kWh | 106.450,9 kWh | 53.225,5 kWh | 0,0 kWh |
| SUMME | 641.472,6 kWh | 567.933,5 kWh | 510.137,1 kWh | 400.916,6 kWh |
| **Kosten Energieverbrauch** | | | | |
| Pumpen | 5.366,10 kWh | 3.408,15 kWh | 3.245 kWh | 1.589,1 kWh |
| Energieverbrauch Kühler | 66.903,33 kWh | 65.814,24 kWh | 65.291,35 kWh | 58.548,4 kWh |
| Raumtemperaturregelung Energieverbrauch | 23.951,45 kWh | 15.967,64 kWh | 7.983,82 kWh | - kWh |
| SUMME | 96.220,89 kWh | 85.190,02 kWh | 76.520,57 kWh | 60.137,50 kWh |
| **Investition** | | | | |
| Verteilleitung Abgleich | 2 239,2 € | - € | - € | - € |
| Strangabgleich | 3 141,8 € | - € | - € | - € |
| Strangabgleich/Durchflussmessung | 6 522,0 € | 27 894,0 € | 26 874,0 € | 6 522,0 € |
| Endgerät | 34 800,0 € | 34 800,0 € | 53 100,0 € | 85 140,0 € |
| Raumthermostat | 15 000,0 € | 15 000,0 € | 21 000,0 € | 21 000,0 € |
| Fern-dp-Fühler | - € | - € | - € | 2 000,0 € |
| SUMME | 61 703,0 € | 77 694,0 € | 100 974,0 € | 114 662,0 € |
| **Amortisationszeit** | | | | |
| Energiekosten | 96 220,89 € | 85 190,02 € | 76 520,57 € | 60 137,50 € |
| Investition | 61 7703,00 € | 77 694,00 € | 100 974,00 € | 114 662,00 € |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Amortisationszeit vs. MBV_on/off | 1,45 Jahre | 1,99 Jahre | 1,47 Jahre |
| Amortisationszeit vs. DPCV_on/off | | 2,69 Jahre | 1,48 Jahre |
| Amortisationszeit vs. DPCV_modulation | | | 0,8 Jahre |

# Heizen:

## Pumpenenergieverbrauch

| | |
|---|---|
| MBV_ON/OFF | konstante Differenzdruckpumpenregelung |
| DPCV_ON/OFF | proportionaler Druck, errechnete Regelung |
| DPCV_modulation | proportionaler Druck, errechnete Regelung |
| PICV_modulation | proportionaler Druck, gemessene Regelung |

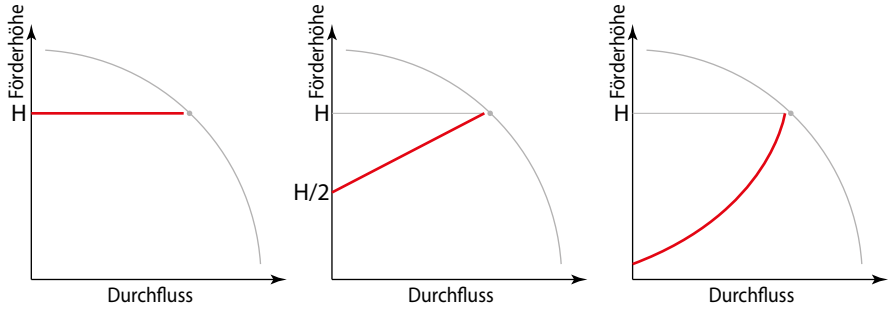



Abb. 25

konstante Differenzdruck-pumpenregelung | proportionaler Druck, errechnete Regelung | proportionaler Druck, gemessene Regelung

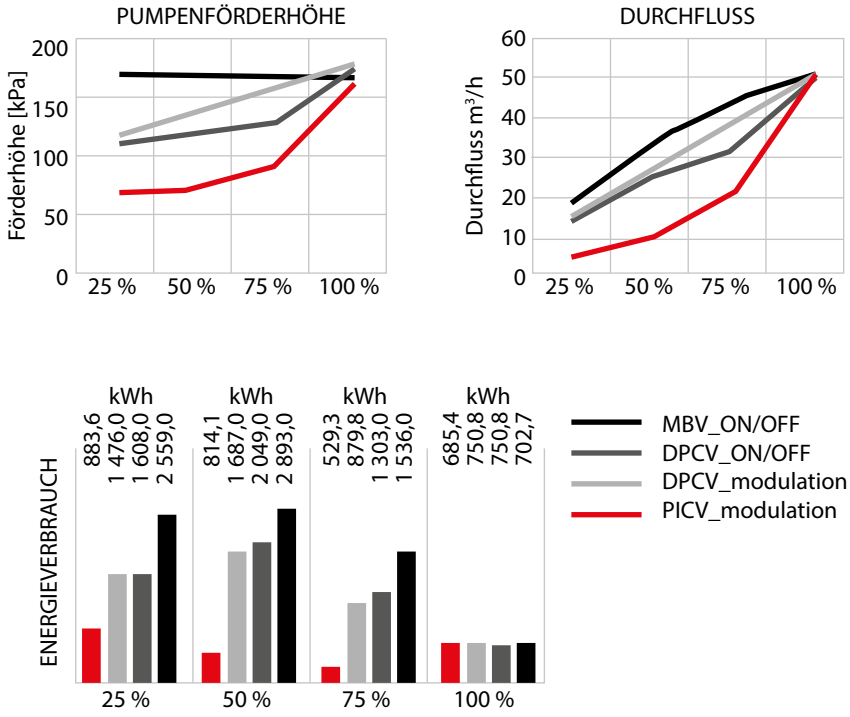



Abb. 26

## Kessel Energieverbrauch Vergleich:

**Auslegungsbedingungen:**

Heizwasser-Vorlauftemperatur (konstant): $T_{kw,Vorlauf} = 50\,°C$

Warmwasserrücklauftemperatur (variabel): $T_{kw,Rücklauf} = 40\,°C$

Konstruktion $\Delta T_{ww}=10\ K$

**Annahme:**

Wenn $\Delta T_{ww} < 10\ K \Rightarrow T_{ww,\,Rücklauf} > 40\,°C$, sinkt die Kesseleffizienz

wenn $\Delta T_{kw} > 10\ K \Rightarrow T_{ww,\,Rücklauf} < 40\,°C$, steigt die Kesseleffizienz

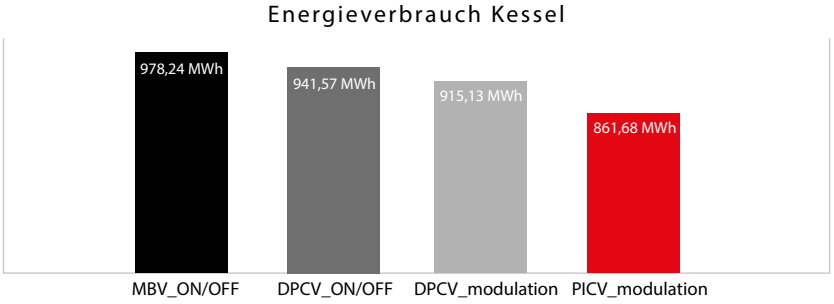



Abb. 27

## Temperaturregelung Energieverbrauch Vergleich:

Erwartete Raumtemperaturabweichung:

| | | | |
|---|---|---|---|
| MBV_ON/OFF | ±1,5 °C | = | 9,75 % |
| DPCV_ON/OFF | ±1,0 °C | = | 6,5 % |
| DPCV_modulation | ±0,5 °C | = | 3,25 % |
| PICV_modulation | ±0,0 °C | = | 0 % |

Jede Abweichung von 1 °C führt zu einem um 5–8 % höheren Energieverbrauch pro gesamtes Heizsystem. Für die Berechnung wird ein Wert von 6,5 % herangezogen.

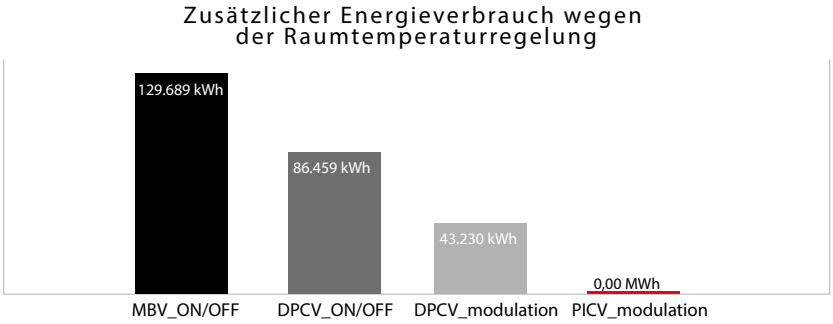



Abb. 28

# Vergleichstabelle – 4-Rohr-(Kühl- und Heiz-)System:



| | MBV_ON/OFF | DPCV_ON/OFF | DPCV_MODULATION | PICV_MODULATION |
|---|---|---|---|---|
| **Energieverbrauch Heizung** | | | | |
| Pumpen | 7.689,0 kWh | 5.711,0 kWh | 4.797,0 kWh | 2.912,0 kWh |
| Kessel Energieverbrauch | 978.240,0 kWh | 941.570,0 kWh | 915.130,0 kWh | 861.680,0 kWh |
| Energieverbrauch durch Abweichung der Raumtemperatur | 172.918,4 kWh | 129.688,8 kWh | 86.459,2 kWh | 43.229,6 kWh |
| SUMME | 1.158,847,4 kWh | 1.076,969,8 kWh | 1.006,386,2 kWh | 907.821,6 kWh |
| **Energiekosten Heizung** | | | | |
| Pumpen | 1 153,35 € | 856,65 € | 719,55 € | 436,80 € |
| Energieverbrauch Kessel | 28 171,06 € | 27 115,05 € | 26 353,64 € | 24 814,40 € |
| Raumtemperaturregelung Energieverbrauch | 4 979,65 € | 3 734,74 € | 2 489,83 € | 1 244,91 € |
| SUMME | 34 304,06 € | 31 706,44 € | 29 563,01 € | 26 496,11 € |
| **Energieverbrauch Kühlung** | | | | |
| Pumpen | 35.774,0 kWh | 22.721,0 kWh | 21.636,0 kWh | 10.594,0 kWh |
| Energieverbrauch Kühler | 446.022,2 kWh | 438.761,6 kWh | 435.275,7 kWh | 390.322,6 kWh |
| Energieverbrauch durch Abweichung der Raumtemperatur | 6.522,0 kWh | 106.450,9 kWh | 53.225,5 kWh | 0,0 kWh |
| SUMME | 61.703,0 kWh | 567.933,5 kWh | 510.137,1 kWh | 400.916,6 kWh |
| **Energiekosten Kühlung** | | | | |
| Pumpe | 5 366,10 € | 3 408,15 € | 3 245,40 € | 1 589,10 € |
| Energieverbrauch Kühler | 66 903,33 € | 65 814 € | 65 291,35 € | 58 548,40 € |
| Raumtemperaturregelung Energieverbrauch | 23 951,45 € | 15 967,64 € | 7 983,82 € | - € |
| SUMME | 96 220,89 € | 85 190 € | 76 520 € | 60 137,50 € |
| **Investition Heizung** | | | | |
| Verteilleitung Abgleich | 919,20 € | - € | - € | - € |
| Abgleich Strang | 971,80 € | - € | - € | - € |
| Strangabgleich/Durchflussmessung | 2 997,00 € | 8 019,00 € | 8 019,00 € | 2 997,00 € |
| Endgerät | 34 800 € | 34 800,00 € | 53 100,00 € | 85 140,00 € |
| Raumthermostat | 1 für Kühlung und Heizung | 1 für Kühlung und Heizung | 1 für Kühlung und Heizung | 1 für Kühlung und Heizung |
| Fern-Δp-Fühler | - € | - € | - € | 2 000,00 € |
| SUMME | 39 688,00 € | 42 819,00 € | 61 119,00 € | 90 137,00 € |
| **Investition Kühlung** | | | | |
| Verteilleitung Abgleich | 2 239,20 € | - € | - € | - € |
| Abgleich Strang | 3 141,80 € | - € | - € | - € |
| Strangabgleich/Durchflussmessung | 6 522,00 € | 27 894,00 € | 26 874,00 € | 6 522,00 € |
| Endgerät | 34 800,00 € | 34 800,00 € | 53 100,00 € | 85 140,00 € |
| Raumthermostat | 15 000,00 € | 15 00,00 € | 21 000,00 € | 21 00,00 € |
| Fern-Δp-Fühler | - € | - € | - € | 2 000,00 € |
| SUMME | 661 703,00 € | 77 694,00 € | 100 974,00 € | 114 662,00 € |
| **Amortisationszeit** | | | | |
| Energiekosten HEIZUNG | 34 304,06 € | 31 706,44 € | 29 563,01 € | 26 496,11 € |
| Energiekosten KÜHLUNG | 96 220,89 € | 85 190,02 € | 76 520,57 € | 60 137,50 € |
| Investition HEIZUNG | 39 688,00 € | 42 819,00 € | 61 119,00 | 90 137,00 € |
| Investition KÜHLUNG | 61 703,00 € | 77 694,00 € | 100 974,00 € | 114 662,00 € |
| insgesamt | 231 915,95 € | 237 409,46 € | 268 176,58 € | 291 432,661 € |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Amortisationszeit vs. MBV_on/off | 1,40 Jahre | 2,48 Jahre | 2,36 Jahre |
| Amortisationszeit vs. DPCV_on/off | | 3,85 Jahre | 2,79 Jahre |
| Amortisationszeit vs. DPCV_modulation | | | 2,2 Jahre |

## Anhänge

# Produktübersicht

Hier finden Sie eine kurze Übersicht aller Danfoss-Produkte, die in den beschriebenen HVAC-Anwendungen verwendet werden.

PICV: Druckunabhängige Regelventile
PICV ohne Stellantriebe: Automatischer Durchflussbegrenzer
PICV mit Stellantrieben: Druckunabhängige Regelventile mit Abgleichfunktion

| Bild | Name | Beschreibung | Abmessungen (mm) | Durchfluss in $m^3/h$ | Datenblatt aktive Verknüpfung | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | AB-QM | Druckunabhängiges Regelventil, mit oder ohne Messnippel, klein S, Kombinationen für thermische Endgeräte | 15… 32 | 0,02...4 | | Kombiniert mit Stellantrieb gewährleistet leistungsstarke Durchflussregelung – logarithmische oder lineare Kennlinie |
| | AB-QM | Druckunabhängiges Regelventil, mit Messnippel, mittlere Größe M, Kombinationen für Klimaeinheiten | 40… 100 | 3...59 | | Kombiniert mit Stellantrieb gewährleistet Durchflussregelung mit hoher Leistung – logarithmische Kennlinie |
| | AB-QM | Druckunabhängiges Regelventil, mit Messnippel, groß L, Kombinationen für Kühler | 125… 150 | 36...190 | | Kombiniert mit Stellantrieb gewährleistet leistungsstarke Durchflussregelung – logarithmische Kennlinie |
| | AB-QM | Druckunabhängiges Regelventil, mit Messnippel, extragroß XL, Kombinationen für Fernkühlung | 200...250 | 80...370 | | Kombiniert mit Stellantrieb gewährleistet leistungsstarke Durchflussregelung – logarithmische Kennlinie |

Stellantriebe für Ventile AB-QM

| Bild | Name | Beschreibung | Verwendung mit | Regelsignal | Datenblatt aktive Verknüpfung | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | TWA-Q | Thermischer Stellantrieb mit Spannungsversorgung 24 V AC/DC und 230 V AC, sichtbare Stellungsanzeige. Geschwindigkeit 30 s/mm | AB-QM-Ventile Größe S; DN 15-32 | Ein/Aus; (PWM) | | IP54, Kabellänge 1,2/2/5 m |
| | AMI 140 | Elektrischer Stellantrieb mit Getriebe Spannungsversorgung 24 V und 230 V AC, Stellungsanzeige. Geschwindigkeit 12 s/mm | AB-QM-Ventile Größe S; DN 15-32 | Ein/Aus | | IP42, Kabellänge 1,5/5 m |
| | ABNM | Thermischer Stellantrieb mit Spannungsversorgung 24 V AC/DC, sichtbare Stellungsanzeige. Geschwindigkeit 30 s/mm | AB-QM-Ventile Größe S; DN 15-32 | 0–10 V | | IP54, Kabellänge 1/5/10 m; logarithmische oder lineare Kennlinie |
| | AMV 110/120 NL | Elektromotorischer Stellantrieb Spannungsversorgung 24 V AC, Stellungsanzeige. Geschwindigkeit 24/12 s/mm | AB-QM-Ventile Größe S; DN 15-32 | 3-Punkt | | IP42, Kabellänge 1,5/5/10 m logarithmische oder lineare Kennlinie |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | AME 110/120 NL (X) | Elektromotorischer Stellantrieb Spannungsversorgung 24 V AC, Stellungsanzeige. Geschwindigkeit 24/12 s/mm | AB-QM-Ventile Größe S; DN 15-32 | 0–10 V; 4–20 mA | | IP42, Kabellänge 1,5/5/10 m x-Signal, logarithmische oder lineare Kennlinie |
| | NovoCon S | Digitaler Schrittmotor mit Spannungsversorgung 24 V AC/DC, für BMS-Integration. Geschwindigkeit 24/12/6/3 s/mm | AB-QM-Ventile Größe S; DN 15-32 | BACnet; Modbus; 0–10 V; 4–20 mA | | IP54, Kabellänge 1,5/5/10 m, Daisychain-Kabellänge 0,5/1,5/5/10 m, logarithmische oder lineare Kennlinie |
| | AMV 435 | Elektromotorischer Push/Pull-Stellantrieb, mit 24 V oder 230V AC Spannungsversorgung, Handverstellung, LED-Anzeige. Geschwindigkeit 15/7,5 s/mm | AB-QM Ventile Größe M; DN 40-100 | 3-Punkt | | IP 54, Push/Pull |
| | AME 435 QM | Elektromotorischer Push/Pull-Stellantrieb, mit 24 V AC/DC Spannungsversorgung, Handverstellung, LED-Anzeige. Geschwindigkeit 15/7,5 s/mm | AB-QM Ventile Größe M; DN 40-100 | 0–10 V; 4–20 mA | | IP54, Push/Pull, x-Signal, logarithmische oder lineare Kennlinie |
| | NovoCon M | Digitaler Schrittmotor mit Spannungsversorgung 24 V AC/DC, für BMS-Integration. Geschwindigkeit 24/12/6/3 s/mm | AB-QM Ventile Größe M; DN 40-100 | BACnet; Modbus; 0–10 V; 4–20 mA | | IP54, Push/Pull, logarithmische oder lineare Kennlinie, 3x Temperaturfühler; 1x Analoger Eingang; 1x Analoger Ausgang |
| | AME 655/658* | Elektromotorischer Stellantrieb, mit 24 V AC/DC Spannungsversorgung, UL-Zertifizierung. Geschwindigkeit 6/2(4*) | AB-QM Ventile Größe L; DN 125-150 | 0–10 V; 4–20 mA; 3-Punkt | | IP54, Push/Pull, x-Signal, logarithmische oder lineare Kennlinie, Sicherheitsfunktionen Antriebsstange ein-/ausfahrend |
| | AME 55 QM | Elektromotorischer Stellantrieb Spannungsversorgung 24 V AC, Stellungsanzeige. Geschwindigkeit 8 s/mm | AB-QM Ventile Größe L; DN 125-150 | 0–10 V; 4–20 mA; 3-Punkt | | IP54, Push/Pull, x-Signal, logarithmische oder lineare Kennlinie |
| | NovoCon L | Digitaler Schrittmotor mit Spannungsversorgung 24 V AC/DC, für BMS-Integration. Geschwindigkeit 24/12/6/3 s/mm | AB-QM Ventile Größe L; DN 125-150 | BACnet; Modbus; 0–10 V; 4–20 mA | | IP54, Push/Pull, logarithmische oder lineare Kennlinie, 3x Temperaturfühler; 1x Analoger Eingang; 1x Analoger Ausgang; Antriebsstange einfahrend/ ausfahrend |
| | AME 685 | Elektromotorischer Stellantrieb, mit 24 V AC/DC Spannungsversorgung, UL-Zertifizierung. Geschwindigkeit 6/3 s/mm | AB-QM Ventile Größe XL; DN 200-250 | 0–10 V; 4–20 mA; 3-Punkt | | IP54, Push/Pull, x-Signal, logarithmische oder lineare Kennlinie |
| | NovoCon XL | Digitaler Schrittmotor mit Spannungsversorgung 24 V AC/DC, für BMS-Integration. Geschwindigkeit 24/12/6/3 s/mm | AB-QM Ventile Größe XL; DN 200-250 | BACnet; Modbus; 0–10 V; 4–20 mA | | IP54, Push/Pull, logarithmische oder lineare Kennlinie, 3x Temperaturfühler; 1x Analogeingang; 1x Analogausgang; |

## Elektronische und selbsttätige Regler für AB-QM; Einrohrsystemzubehör

| Bild | Name | Beschreibung | Abmessungen (mm) | Einstell-bereich | Datenblatt aktive Verknüpfung | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | CCR3+ | Rücklauftemperaturregelung und Temperaturregistrierung. Elektronischer Regler | - | - | | Programmierbare Temperaturregelung, Datenspeicherung, TPC/IP, WLAN, BMS |
| | QT | Selbsttätiger Stellantrieb, Rücklauftemperaturregler. Proportionalregelung | DN 15-32 | 35–50 °C, 45–60 °C 65–85 °C | | Fühlerhülse und Wärmeleitpaste enthalten |

## Umschaltlösung ChangeOver Ventil

| Bild | Name | Beschreibung | Abmessungen (mm) | Kvs ($m^3/h$) | Datenblatt aktive Verknüpfung | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ChangeOver6 | Motorisches 6-Wege-Umschaltventil zur Umschaltung zwischen Heizung und Kühlung | 15…20 | 2,4…4,0 | | Ventil zur Umschaltung Heiz- und Kühlmodus in 4-Rohr-Systemen mit einem Endgerät (Heiz-/Kühldecke) Nicht für stetige Ansteuerung |

## ChangeOver6 Stellantriebe

| Bild | Name | Beschreibung | Verwendung mit | Regelsignal | Datenblatt aktive Verknüpfung | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Stellantrieb ChangeOver6 | Rotierender Stellantrieb, 2-Punkt-Regelung, Spannungsversorgung 24 V AC. Geschwindigkeit 80 s/mm | ChangeOver6 Ventil | Ein/Aus | | Verbunden mit dem Regelungssystem, um eine Umschaltung zwischen Heizung und Kühlung sicherzustellen |
| | Stellantrieb NovoCon ChangeOver6 | Rotierender Stellantrieb, Regelansteuerung und Spannungsversorgung über NovoCon. Geschwindigkeit 120 s/mm | ChangeOver6 Ventil | 0–10 V durch NovoCon® | | Mit NovoCon durch Steckverbindungs-kabel verbunden |
| | Stellantrieb NovoCon ChangeOver6 Energy | Rotierender Stellantrieb, Regel-ansteuerung und Spannungs-versorgung über NovoCon, 2 Temperaturfühler. Geschwindigkeit 120 s/mm | ChangeOver6 Ventil | 0–10 V durch NovoCon® | | Mit NovoCon durch Steckverbindungs-kabel verbunden, 2 PT1000-Temperaturfühler eingebaut |
| | Stellantrieb NovoCon ChangeOver6 Flexible | Rotierender Stellantrieb, Regelansteuerung und Spannungsversorgung über NovoCon, I/O-Kabel. Geschwindigkeit 120 s/mm | ChangeOver6 Ventil | 0–10 V durch NovoCon® | | Mit NovoCon durch Steckverbindungs-kabel verbunden, mit eingebautem I/O-Kabel für den Anschluss von Peripheriegeräten |

DBV – Dynamische Abgleichventile
DPCV – Differenzdruckregler

| Bild | Name | Beschreibung | Abmessungen (mm) | Kvs ($m^3/h$) | Datenblatt aktive Verknüpfung | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ASV-P | Differenzdruckregler in der Rücklaufleitung mit fester Druckeinstellung 10 kPa | 15…40 | 1,6…10 | | Integrierte Möglichkeit zur Strangabsperrung und Entleerung |
| | ASV-PV | Differenzdruckregler in Rücklaufleitung mit einstellbarer Druckeinstellung 5–25 oder 20–60 kPa | 15…50 | 1,6…16 | | Integrierte Möglichkeit zur Strangabsperrung und Entleerung, er- weiterbarer Δp-Bereich |
| | ASV-M | Strangventil, Impulsleitungsanschluss, Absperrfunktion | 15…50 | 1,6…16 | | Verwendet gemeinsam mit ASV-P oder PV hauptsächlich zur Absperrung Funktion |
| | ASV-I | Strangventil, Impulsleitungsanschluss, Voreinstellung, Messoption, Absperrfunktion | 15… 50 | 1,6… 16 | | Verwendet zusammen mit Ventil ASV-PV hauptsächlich zur Durch- flussbegrenzung |
| | ASV-BD | Strangventil, Impulsleitungsanschluss, Voreinstellung, Messoption, Absperrfunktion | 15…50 | 3…40 | | Verwendet gemeinsam mit ASV/P oder PV, große Kapazität, Messung, Absperrfunktion |
| | ASV-PV | Differenzdruckregler mit einstellbarer Druckeinstellung 20–40, 35–75 oder 60–100 kPa | 50…100 | 20…76 | | Verwendet mit MSV-F2 im Vorlauf zur Absperrung, Durchflussbegren- zung, mit Impulslei- tungsanschluss |
| | AB-PM | Druckunabhängiges Abgleich- und Zonenventil | 10…32 | 0,02…2,4 Δp=10/20 kPa | | Max. Durch- flussleistung hängt von Δp-Bedarf des Regelkreises ab |
| | AB-PM | Differenzdruckregler mit einstellbarem Δp-Bereich und Zonenventil | 40…100 | 3…14 Δp= 42/60 kPa | | Max. Durch- flussleistung hängt von Δp-Bedarf des Regelkreises ab, Δp-Einstellbereich 40–100 kPa |

## Manuelle Strangventile: Manuelle Strangventile

| Bild | Name | Beschreibung | Abmessungen (mm) | Kvs (m³/h) | Datenblatt aktive Verknüpfung | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | USV-I | Impulsleitungsanschluss, Voreinstellung, Entleerung, Messoption, Absperrfunktion | 15…50 | 1,6…16 | | Verwendet zusammen mit Ventil USV-M(-PV) hauptsächlich zur Durchflussbegrenzung |
| | USV-M | Strangventil für Rücklaufleitung, Absperrfunktion, Entleerung, Messingventilgehäuse, aufrüstbar mit PV-Membrane als Δp-Regler | 15…50 | 1,6…16 | | Aufrüstbar als Differenzdruckregler (für DN15–DN40) |
| | MSV-BD | Voreinstellung, mit Messnippel, DZR-Messing-Ventilgehäuse, Absperr- und Entleerungs-funktion | 15…50 | 2,5…40 | | Extragroße Kvs-Werte, Einstellwert arretierbar, 360° drehbare hochpräzise Serviceeinheit |
| | MSV-B | Voreinstellung, mit Messnippel, DZR-Ventilgehäuse, Absperrfunktion | 15…50 | 2,5…40 | | Extragroße Kvs-Werte, Einstellwert arretierbar, hochpräzise Messung |
| | MSV-O | Voreinstellung, mit Messnippel, DZR-Ventilgehäuse, Absperrfunktion und feste Durchflussöffnung (Blende) | 15…50 | 0,63…38 | | Extragroße Kvs-Werte, Einstellwert arretierbar, hochpräzise Messung |
| | MSV-S | Absperr- und Entleerventil, DZR-Messing-Ventilgehäuse | 15…50 | 3…40 | | Extragroße Kvs-Werte, Absperr-funktion, große Entleerungskapazität |
| | MSV-F2 | Voreinstellung, mit Messnippel, GG-25-Ventilgehäuse, Absperrfunktion | 15…400 | 3,1…2585 | | PN16/25-Version ist erhältlich |
| | PFM 1000 | Messgerät für manuelle Strangventile und Problemlösung | - | - | | Bluetooth-Kommunikation über Danfoss-Smartphone-App (iOS/Android) |

## MCV: Zonenventil, Motor-Regelventile

| Bild | Name | Beschreibung | Abmessungen (mm) | Kvs (m³/h) | Datenblatt aktive Verknüpfung | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | RA-HC | Ventil mit Voreinstellung (14 Einstellungen) bei Zonenregelung oder selbsttätiger Raumtemperaturregelung mit Thermostatköpfen | 15…25 | 2,8…5,5 | | Empfohlene Anwendung mit zentralem Δp-Regler |
| | VZL-2/3/4 | Fan-Coil-Ventil bei Zonenregelung mit linearer Ventilkennlinie | 15…20 | 0,25…3,5 | | Ventil mit kleinem Hub, anwendbar mit thermischem oder elektromotorischem Stellantrieb |
| | VZ-2/3/4 | Fan-Coil-Ventil bei Zonen- oder proportionaler 3-Punkt-Regelung mit logarithmischer Ventilkennlinie | 15…20 | 0,25…3,5 (A-AB)<br>0,25…2,5 (B-AB) | | Ventil mit logarithmischer Kennlinie – präzise Regelung |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | AMZ 112<br>AMZ 113 | Kugelhahn für Zonenregelung bzw. Umschaltung mit hohem Kvs-Wert | 15...50<br>15...25 | 17...290,<br>3,8...11,6 | | Mit integriertem elektrischem Stellmotor |
| | VRB-2/3 | Traditionelles logarithmisch-lineares Regelventil | 15...50 | 0,63...40 | | Innen- und Außengewindeverbindung, großes Stellverhältnis, druckentlastet |
| | VF-2/3 | Traditionelles logarithmisch-lineares Regelventil | 15...150 | 0,63...320 | | Flanschanschluss, großes Stellverhältnis |

## Stellantriebe für MCV-Ventile

| Bild | Name | Beschreibung | Verwendung mit | Regelsignal | Datenblatt aktive Verknüpfung | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | TWA-A<br>TWA-ZL | Thermischer Stellantrieb Spannungsversorgung 24 V und 230 V, sichtbare Stellungsanzeige. Geschwindigkeit 30 s/mm | RA-N, RA-HC; VZL | Ein/Aus; (PWM) | | Erhältlich als NC- und NO-Version, Schließkraft 90 N |
| | ABNM,<br>ABNM-Z | Thermischer Stellantrieb Spannungsversorgung 24 V, visuelle Stellungsanzeige. Geschwindigkeit 30 s/mm | RA-N, RA-HC; VZL | 0–10 V | | Hubbewegung LOG oder LIN, nur NC-Version erhältlich, Schließkraft 100 N |
| | AMI 140 | Elektromotorischer Stellantrieb, Spannungsversorgung 24 V und 230 V, Stellungsanzeige. Geschwindigkeit 12/24 s/mm | VZ; VZL | Ein/Aus | | Schließkraft 200 N, Handverstellung |
| | AMV/E-H 130, 140 | Elektromotorischer Stellantrieb, Spannungsversorgung 24 V und 230 V, Handverstellung. Geschwindigkeit 14/15 s/mm | VZ; VZL | 3-Punkt, 0–10 V | | Schließkraft 200 N, erzwungene Abschaltung bei voll ausgefahrener Antriebsstange |
| | AMV/E 435 | Elektromotorischer Push/Pull-Stellantrieb, mit 24-V- oder 230-V-Spannungsversorgung. Geschwindigkeit 7/14 s/mm | VRB, VF | 3-Punkt, 0–10 V | | 230-V-Version nur bei 3-Punkt-Stellantrieb, eingebauter Anti-Oszillations-Algorithmus |
| | AMV/E 25 SD/SD | Elektromotorischer Push/Pull-Stellantrieb, Antriebsstange EIN-/AUSFAHREND (SU/SD), Spannungsversorgung 24 V und 230 V. Geschwindigkeit 11/15 s/mm | VRB, VF | 3-Punkt, 0–10 V | | Antriebsstange ausfahrend: Überhitzungsschutz, Antriebsstange einfahrend: Frostschutz |
| | AMV/E 55/56 | Elektromotorischer Push/Pull-Stellantrieb, mit 24-V- oder 230-V-Spannungsversorgung. Geschwindigkeit 8/4 s/mm | VF | 3-Punkt, 0–10 V | | 230-V-Version nur bei 3-Punkt-Stellantrieb |
| | AMV/E 85/86 | Elektromotorischer Push/Pull-Stellantrieb, mit 24-V- oder 230-V-Spannungsversorgung. Geschwindigkeit 8/3 s/mm | VF | 3-Punkt, 0–10 V | | 230-V-Version nur bei 3-Punkt-Stellantrieb |
| | AMZ 112<br>AMZ 113 | 2-Punkt-Stellmotor mit 24-V- oder 230-V-Spannungsversorgung. Geschwindigkeit 30 s/mm | AMZ | Ein/Aus | | 90-Grad-Drehmotor; zusätzliche Schalter |

TRV – Heizkörper-Thermostatventile; BIV – eingebaute Ventile; RLV- Rücklaufverschraubungen

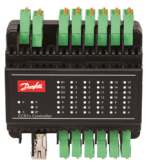
| Bild | Name | Beschreibung | Abmessungen (mm) | Kvs ($m^3/h$) | Datenblatt aktive Verknüpfung | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | RA-N | Ventil mit Voreinstellung (14 Einstellungen) bei Zonenregelung oder selbsttätiger Raumtemperaturregelung mit Thermostatköpfen | 10…25 | 0,65…1,4 | | Empfohlene Anwendung mit zentralem Δp-Regler Empfohlene Anwendung mit zentralem Δp-Regler |
| | RA-UN | Voreinstellungsventil für geringem Durchfluss (14 Einstellungen) bei Zonenregelung oder selbsttätiger Raumtemperatur-regelung mit Thermostatköpfen | 10…20 | 0,57 | | Empfohlene Anwendung mit zentralem Δp-Regler |
| | RA-DV | Druckunabhängiges Ventil mit Voreinstellung (14 Einstellungen) bei Zonenregelung oder selbsttätiger Raumtemperatur-regelung mit Thermostatköpfen | 10…20 | Max. Durchfluss = 135 l/h | | Empfohlene Anwendung mit zentralem Δp zwischen 10–60 kPa Empfohlene Anwendung mit zentralem Δp zwischen 10–60 kPa |
| | RA-G | Ventil für Einrohrsysteme für großen Durchfluss | 10…25 | 2,3…4,58 | | z.B. Optimal 1 Tool für beste Abgleichergebnisse verwenden |
| | RA-FS | Spezielles bidirektionales Ventil für den britischen Markt, bei dem die Spindel in die entgegengesetzte Richtung gedreht werden kann | 15 | 0,73 | | RA-FS-Ventile können nur mit Fühlern vom Typ RAS-C2 oder RAS-D verwendet werden. Kupferrohranschlüsse 15, 10 und 8 mm |
| | RA-KE RA-KEW | Steigrohrventil für Einrohrsysteme | Heizkörper-system DN15 System 20 Heizkörper 15 System 20 | 2,5 | | Kapazität: Bypass durch Heizkörper: 35 %. Δp max = 30–35 kPa. Bypass durch Heizkörper: 35 %. Δp max = 30–35 kPa |
| | RA-N | Integriertes eingebautes Ventil mit normalem Durchfluss mit Voreinstellung in 7 Stufen | 15, 20, M18, M22 | 0,95 | | Das integrierte Ventil vom Typ RA-N ist für Ventilheizkörper verschiedener Heizkörperhersteller konstruiert |
| | RA-U | Integriertes eingebautes Ventil mit geringem Durchfluss mit Voreinstellung in 7 Stufen | 15 | 0,74 | | Das integrierte Ventil vom Typ RA-U ist für Ventilheizkörper verschiedener Heizkörperhersteller konstruiert |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | RLV-S | Standard-Rücklaufverschraubung, vernickelt | 10, 15, 20 | 1,5…2,2 | | Im Rücklauf des Heizkörpers zu platzieren. Es können Voreinstellungen an der Rücklaufverschraubung vorgenommen werden |
| | RLV | Rücklaufverschraubung mit Entleerungsfunktion | 10, 15, 20 | 1,8…3 | | Im Rücklauf des Heizkörpers zu platzieren. Es können Voreinstellungen an der Rücklaufverschraubung vorgenommen werden |
| | RLV-K | Standard-Hahnblock mit Entleerungsfunktion für Ein- und Zweirohrsysteme | 10…20 | 1,4 | | Voreinstellung muss am Einbauventil erfolgen. Entleerungsfunktion am Hahnblock |
| | RLV-KS | Standard-Hahnblock mit Absperrung. Für Heizkörper mit Einbauventilen | 10…20 | 1,3 | | Voreinstellung muss am Einbauventil erfolgen. Absperrfunktion am Hahnblock |
| | RLV-KDV | Druckunabhängiger, dynamischer Hahnblock. Für Heizkörper mit Einbauventilen | 10…20 | Max. Durchfluss = 159 l/h | | Voreinstellung muss am Einbauventil erfolgen. Entleerungsfunktion am Hahnblock |

## Fühler für TRV

| Bild | Name | Beschreibung | Füllung Typ | Reaktionszeit | Datenblatt aktive Verknüpfung | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | RA 2000 | Click-Anschluss. Temp.bereich 7–28 °C | Gas | Mit eingebautem Fühler = 12 min. Mit Fernfühler = 8 min. | | Nullabsperrfunktion, Temperaturbegrenzung, Frostschutz, Fernfühler verfügbar, Diebstahlschutz |
| | RA 2920 | Behördenmodell, manipulationssicher. Für den Einsatz in öffentl. Gebäuden usw. Temp.bereich 7–28 °C | Gas | Mit eingebautem Fühler = 12 min. Mit Fernfühler = 8 min. | | Temperaturbegrenzung, Frostschutz, Version +16 °C, Fernfühler verfügbar, Diebstahlschutz |
| | RAE | Click-Anschluss. Weißer Sockel. Temp.bereich 8–28 °C (länderspezifisch) | Flüssigkeit | Mit eingebautem Fühler = 22 min. Mit Fernfühler = 18 min. | | Nullabsperrfunktion, Temperaturbegrenzung, Frostschutz, Version +16 °C, Fernfühler verfügbar, Diebstahlschutz |
| | RAW | Click-Anschluss. Weißer Sockel. Temp.bereich 8–28 °C | Flüssigkeit | Mit eingebautem Fühler = 22 min. Mit Fernfühler = 18 min. | | Nullabsperrfunktion, Temperaturbegrenzung, Frostschutz, Version +16 °C, Fernfühler verfügbar, Diebstahlschutz |

## DHWC: Trinkwarmwasser-Regler

| Bild | Name | Beschreibung | Größe [mm] | Kvs (m³/h) | Funktion | Datenblatt aktive Verknüpfung | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | MTCV-A | Modulares thermostatisches Zirkulationsventil | 15…20 | 1,5…1,8 | Rücklauf-temperatur-begrenzung | | Temperaturbereich 35–60 °C, Ventilgehäuse RG5, max. Durch-flusstemperatur 100 °C |
| | MTCV-B | Multifunktionales thermostatisches Zirkulationsventil mit selbsttätigem thermostatischen Desinfektionsmodul | 15…20 | 1,5…1,8 | Rücklauf-temperatur-begrenzung und thermische Desinfektion möglich | | Eingebauter Bypass zum Start der thermischen Desinfektion |
| <br>  | MTCV-C MIT CCR2+ | Multifunktionales thermostatisches Zirkulationsventil mit Desinfektions- und Temperaturregler, elektronisch, 24 V DC-Spannungsversorgung | 15…20 | 1,5…1,8 | Rücklauf-temperatur-begrenzung, elektronische Desinfektions-regelung | | Programmierbarer Desinfektions-prozess, Datenspeicherung, TCP/IP, WLAN, BMS |
| | TWA-A | Thermischer Stellantrieb Spannungsversorgung 24 V, Stellungsanzeige | - | - | Ein/Aus-Regelung der Desinfektion | | Verwendung der NC-Version, Schließkraft 90 N |
| | ESMB, ESM-11 | Temperaturfühler | - | - | Temperatur-registrierung, Start Desinfektion | | PT 1000, weitere Fühler unterschiedlicher Form erhältlich |
| | TVM-W | Temperaturmischventil | 20…25 | 2,1…3,3 | Begrenzung der Zapftemperatur | | Eingebauter Temperaturfühler, Außengewinde |
| | TVM-H | Thermostatisches Mischventil für Heizungsanwendung, länderspezifisch | 20…25 | 1,9…3,0 | Temperatur-mischung | | Eingebauter Temperaturfühler, Außengewinde |

## Zusätzliche Komponenten

| Bild | Name | Beschreibung | Ausgänge (Stck.) | Pmax (bar) | Datenblatt aktive Verknüpfung | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | FHF/SSM | Verteiler für Wasser-Fußbodenheizungssysteme mit individueller Absperrung im Vorlauf und integrierten einstellbaren Danfoss-Ventileinsätzen Rücklauf | von 2+2 bis 12+12 | 10 (ohne Durch-flussanzeige), 6 (mit Durch-flussanzeige) | | Entlüftung an Endstücken; Medium $T_{MAX}$ – 90 °C; |

| Bild | Name | Beschreibung | Wärmequelle | Datenblatt aktive Verknüpfung | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|
| | EvoFlat | EvoFlat-Systeme sind mit praktisch jeder Art von Wärmeversorgungsinfrastruktur kompatibel und unabhängig von der Art der verwendeten Energie | Brennwertkessel; Übergabestation; Biomasse; Fernwärme, Wärmepumpen (alle Wärmequellen) | | Warmwasser-bereitung; Unabhängigkeit von der Wärmequelle; |

| Bild | Name | Beschreibung | Abmessungen (mm) | Kvs m³/h | Datenblatt aktive Verknüpfung | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | AVTA | Thermostatisches Wasserventil zur proportionalen Regelung der Durchflussmenge in Abhängigkeit von Einstellung und Fühlertemperatur | 10–25 | 1,4…5,5 | | Selbsttätig; Max Δp = 10 bar; Medientemperatur-bereich: -25 bis 130 °C Ethylenglykol bis zu 40 % |

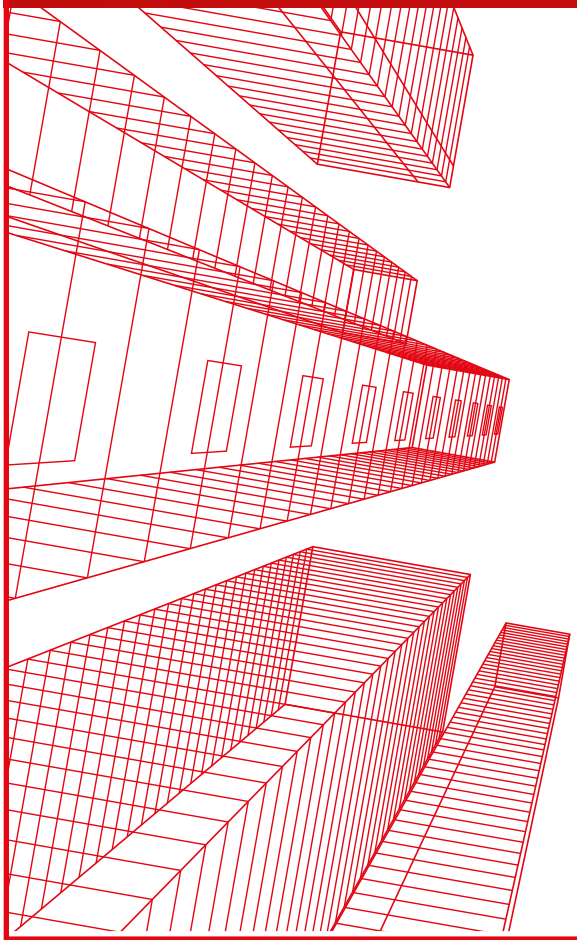
| Bild | Name | Beschreibung | Ausgänge [Stck.] Größe (mm) | Nenndurchfluss (m³/h) | Datenblatt aktive Verknüpfung | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Sono MeterS | Kompakte Ultraschall-Energiezähler, zur Messung des Energieverbrauchs zur Heiz- und Kältekostenabrechnung | 20…100 | 0,6…60 | | Temperaturbereich 5–130 °C, PN 16 oder 25 bar IP65; M-Bus |

| Bild | Name | Datenblatt aktive Verknüpfung |
|---|---|---|
| | VLT®HVAC Drive FC102 | |

## Anhänge

## Anhänge

ENGINEERING
TOMORROW



# Designarbeiten leicht gemacht
# Mit Design Support Center

**Das Danfoss Design Support Center (DSC) bietet einen professionellen und persönlichen Full-Service-Support für HVAC-Planer.**

Wir helfen Planern und Konstrukteuren, Projekte mit einer optimalen Danfoss-Lösung unter Kosten- und Energieeffizienzaspekten zu spezifizieren.

| Art des Supports | Erklärung |
|---|---|
| BERECHNUNG DER ENERGIEEINSPARUNGEN | Berechnung des Energieeinsparpotenzials für einzelne Teile des Systems (Pumpen, Kältemaschinen usw.) oder/und das gesamte System |
| HYDRAULISCHE ANALYSE | detaillierte hydraulische Berechnungen, Berechnung der Pumpenförderhöhe, Δp-Fühlerverteilung, Analysen der Rohrgröße, Berechnung Trinkwarmwassersystem (Zirkulation) |
| UNTERSTÜTZUNG | einfache hydraulische Berechnungen und Ventilauslegung, Fußbodenheizung und hydraulische Berechnung der Wohnungsstation |
| PRÜFUNG | Überprüfung der Dimensionierung und angemessene Verwendung unserer Geräte in Konstruktionen |

## Benötigen Sie Hilfe? – Bitte kontaktieren Sie Ihren Danfoss Ansprechpartner.

**Danfoss GmbH, Deutschland:** danfoss.de • +49 69 80885 400 • E-Mail: CS@danfoss.de
**Danfoss Ges.m.b.H., Österreich:** danfoss.at • +43 720 548 000 • E-Mail: CS@danfoss.at
**Danfoss AG, Schweiz:** danfoss.ch • +41 61 510 00 19 • E-Mail: CS@danfoss.ch

Die in Katalogen, Prospekten und anderen schriftlichen Unterlagen, wie z.B. Zeichnungen und Vorschlägen enthaltenen Angaben und technischen Daten sind vom Käufer vor Übernahme und Anwendung zu prüfen. Der Käufer kann aus diesen Unterlagen und zusätzlichen Diensten keinerlei Ansprüche gegenüber Danfoss oder Danfoss Mitarbeitern ableiten, es sei denn, dass diese vorsätzlich oder grob fahrlässig gehandelt haben. Danfoss behält sich das Recht vor, ohne vorherige Bekanntmachung im Rahmen des Angemessenen und Zumutbaren Änderungen an ihren Produkten – auch an bereits in Auftrag genommenen – vorzunehmen. Alle in dieser Publikation enthaltenen Warenzeichen sind Eigentum der jeweiligen Firmen. Danfoss und alle Danfoss Logos sind Warenzeichen der Danfoss A/S. Alle Rechte vorbehalten.

AB137886464511de-030402