



Hydraulik in der Gebäudetechnik

Building Technologies

SIEMENS

1. Hydraulische Kreise	1.1	Hauptteile einer hydraulischen Anlage	5
	1.2	Darstellung hydraulischer Kreise	6
	1.3	Verbraucher Grundsaltungen	9
	1.3.1	Mengenvariable und mengenkonstante Kreise	9
	1.3.2	Durchfluss- und Mischregelung	9
	1.4	Hydraulische Grundsaltungen	10
	1.4.1	Drosselschaltung	10
	1.4.2	Umlenkschaltung	11
	1.4.3	Beimischschaltung	12
	1.4.3.1	Beimischschaltung mit fester Vormischung	13
	1.4.4	Einspritzschaltung	14
	1.4.4.1	Einspritzschaltung mit Dreiwegventil	14
	1.4.4.2	Einspritzschaltung mit Durchgangsventil	15
	1.5	Komponenten im Verbraucherkreis	16
	1.5.1	Stellgerät	16
	1.5.2	Abgleichdrossel	17
	1.5.3	Umwälzpumpe	18
	1.6	Verteiler	19
	1.6.1	Verteilertypen	19
	1.6.1.1	Verteiler ohne Hauptpumpe (Typ 1), für Verbrauchergruppen in Beimischschaltung	20
	1.6.1.2	Verteiler mit Hauptpumpe (Typ 2), für Verbrauchergruppen in Drosselschaltung oder Einspritzschaltung mit Durchgangsventil	21
	1.6.1.3	Verteiler mit Hauptpumpe (Typ 3), für Verbrauchergruppen in Verteilschaltung oder Einspritzschaltung mit Dreiwegventil	22
	1.6.1.4	Verteiler mit Hauptpumpe (Typ 4), für druckdifferenzlosen Verbraucheranschluss in Beimischschaltung	23
	1.6.1.5	Schematische Darstellung von Verteilern	24
2. Hydraulische Kennlinien	2.1	Wärmeübertrager-Kennlinie und a-Wert	25
	2.2	Ventilkennlinie	27
	2.2.1	k_v -Werte	27
	2.2.2	Stellverhältnis S_v eines Ventils	28
	2.2.3	Ventil-Kennlinien	28
	2.3	Streckenkenlinie	29
	2.3.1	Ventil-Betriebskennlinie und Ventilautorität P_v	31
	2.3.2	Überdimensionierung eines Ventils	33
	2.3.3	Regeln im Schwachlastbereich	34
	2.4	Netz- und Pumpenkennlinie	35
	2.4.1	Parallelschaltung von Pumpen	36
3. Dimensionierung von Stellgliedern	3.1	Leitungsteile mit variabler Wassermenge in verschiedenen hydraulischen Schaltungen	37
	3.2	Beispiel zur Ventildimensionierung	39
	3.2.1	Dimensionierung des Ventils (Stellglied) für die Heizgruppe "Altbau"	39
	3.3	Spezielle Punkte bei der Dimensionierung von 2- und 3-Weg Ventilen	42
	3.3.1	Einfluss von Gesamtvolumenstrom und Ventilautorität P_v bei 3-Weg-Ventilen	42
	3.3.2	Druckverhältnisse bei der Dimensionierung von 2-Weg-Ventilen	44
	3.4	Beispiel Brauchwarmwasser-Laderegelung	45
	3.5	Beispiel Luftkühler-Regelung	49

Einführung Damit in Gebäuden unserer Klimazone ein behagliches Raumklima besteht, muss Wärme – aber auch Kälte – bereitgestellt und richtig dosiert zur richtigen Zeit an den richtigen Ort verteilt werden. Um diese Aufgaben

Bereitstellen, Verteilen und Abgeben von Energie

zu lösen, werden in HLK-Anlagen hydraulische Schaltungen eingesetzt.

Das Ziel der Hydraulik ist es, die für diesen Prozess erforderlichen Elemente so in einen Kreislauf zwischen Energiebereitstellung und Energieabgabe (Verbraucher) einzubinden, dass optimale Betriebsbedingungen geschaffen werden für:

- Wärme-/ Kälteerzeuger (Temperatur, Wasserfluss)
- den Transport des Wärme-/Kälteträgers wie Wasser, Dampf, ... (Temperatur, Wasserfluss)
- die eingebauten Regeleinrichtungen
- Energieabgabe

Das Lernmodul "Hydraulik in der Gebäudetechnik" besteht aus folgenden Teilen: einem CBT (Computer Based Training), einem Abschluss Workshop sowie dieser Broschüre. Es beinhaltet eine fundierte Hydraulik-Grundausbildung und hat zum Ziel, Ihnen das notwendige Wissen für weiterführende Ausbildung im Bereich der Gebäudetechnik zu vermitteln. Es richtet sich in erster Linie an Fachleute aus der Heizungs- und Klimabranche, die sich mit hydraulischen Anlagen oder deren Komponenten befassen und ihr Wissen auf diesem Gebiet auf- oder ausbauen möchten.

Im Lernmodul "Hydraulik in der Gebäudetechnik" erhalten Sie vor allem Informationen zur Hydraulik der Verbraucherseite, aber auch zur Energieverteilung.

Dies heisst nun aber nicht, dass die Energiebereitstellung nicht wichtig ist – ganz im Gegenteil. Durch die kontinuierliche Weiterentwicklung der Wärme- und Kälteerzeuger werden hydraulische Überlegungen auch dort immer wichtiger. Es würde aber den Rahmen des Lernmoduls sprengen, dies auch noch im Detail zu behandeln. Viele Erkenntnisse aus der Verbraucherseite werden Sie jedoch sinngemäss auch für die Energiebereitstellung anwenden können.

Diese Broschüre beinhaltet die wichtigsten Informationen des CBT "Hydraulik in der Gebäudetechnik" und ist ein Auszug in Papierform. Die gezeigten Grafiken stammen grösstenteils aus diesem Lernprogramm.

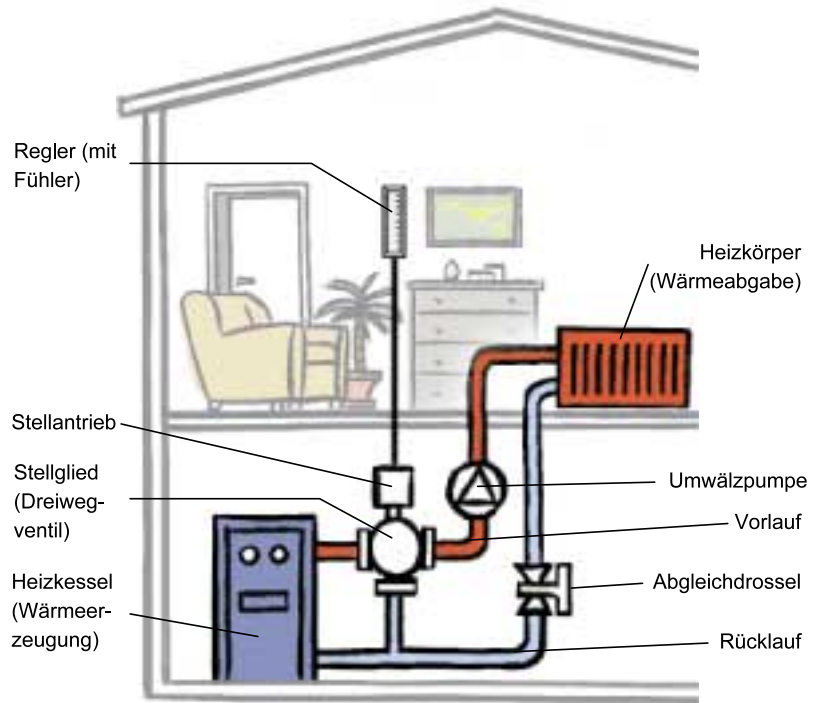
Im CBT sind viele Grafiken animiert und interaktiv, d.h. Sie können dort ausprobieren, wie sich z.B. Wasserfluss und Temperaturen in Schaltungen und Komponenten unter verschiedenen Bedingungen verändern.

Haben Sie Interesse am CBT "Hydraulik in der Gebäudetechnik", dann kontaktieren Sie bitte Ihren Ansprechpartner bei Siemens Building Automation oder Siemens HVAC Products.

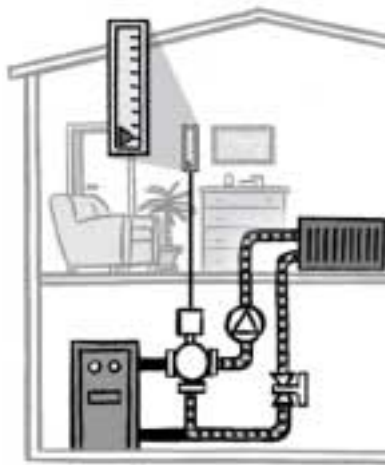


1. Hydraulische Kreise

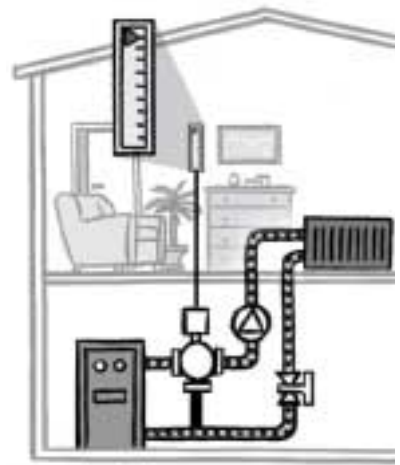
1.1 Hauptteile einer hydraulischen Anlage



Hauptteile einer hydraulischen Anlage



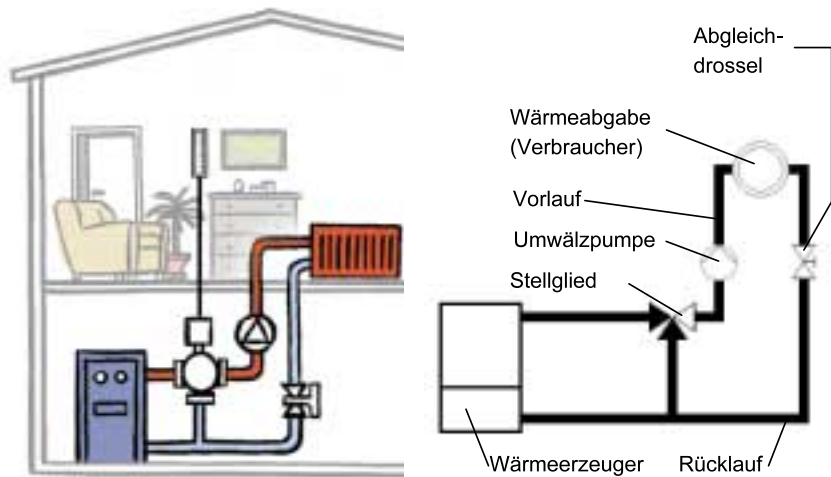
Zirkulation in einer hydraulischen Anlage (Ventil geschlossen)



Zirkulation in einer hydraulischen Anlage (Ventil offen)

1.2 Darstellung hydraulischer Kreise

Die bisher gezeigten bildlichen Darstellungen einer hydraulischen Anlage sind für viele Personen sehr gut nachvollziehbar, in Fachkreisen aber nicht üblich, da sich damit die anlagentechnischen Zusammenhänge nicht sehr gut darstellen lassen. In der HLK-Branche werden deshalb vor allem schematische Darstellungen verwendet, die nebst der Darstellung der Anlage erlauben, die technischen Vorgänge und Zusammenhänge besser nachzuvollziehen.



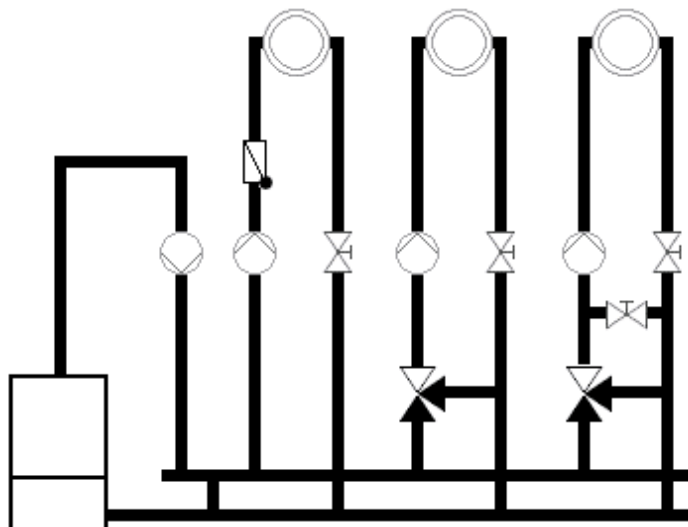
Bildliche Darstellung einer Anlage

Schematische Darstellung einer Anlage

Von der bildlichen zur schematischen Darstellung

Geographische Darstellung

Die oben gezeigte schematische Darstellung wird oft für einfache Anlagen verwendet. Sie wird geographische Darstellung genannt und weist einen engen Bezug zur konstruktiven Lösung auf. Für grössere Anlagen wird die geographische Darstellung bald einmal unübersichtlich, vor allem wenn komplexe Zusammenhänge der Verbraucher oder Erzeuger dargestellt werden müssen; z.B. eine Grundwasser-Wärmepumpe mit Speicher und zusätzlichem Heizkessel, die mehrere verteilte Verbraucherstationen bedient.



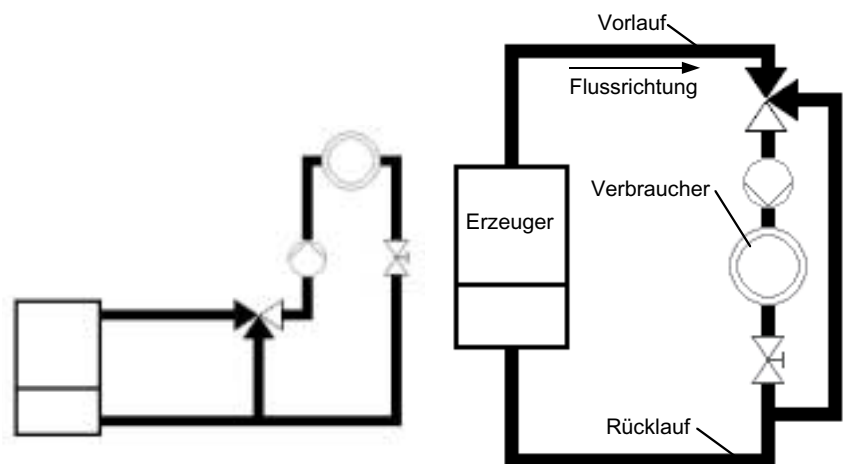
Beispiel einer Heizungsanlage mit mehreren Verbrauchern in geographischer Darstellung

Aus diesen Überlegungen und auch durch den verbreiteten Einsatz von CAD-Systemen kommt heute meist eine andere, strukturiertere Darstellungsweise zur Anwendung.

Synoptische Darstellung

Die synoptische Darstellung erlaubt auch die schematische Darstellung von sehr komplexen und umfangreichen hydraulischen Anlagen in einer klar strukturierten und übersichtlichen Art und Weise. Bei der synoptischen Darstellung sind einige wichtige Regeln zu beachten:

- Der Vorlauf wird oben gezeichnet, der Rücklauf wird unten gezeichnet. Man nennt dies oft auch die Versorgungsschiene.
- Erzeuger und Verbraucher werden parallel in Flussrichtung zwischen Vorlauf und Rücklauf eingezeichnet.



Geographische Darstellung

Synoptische Darstellung

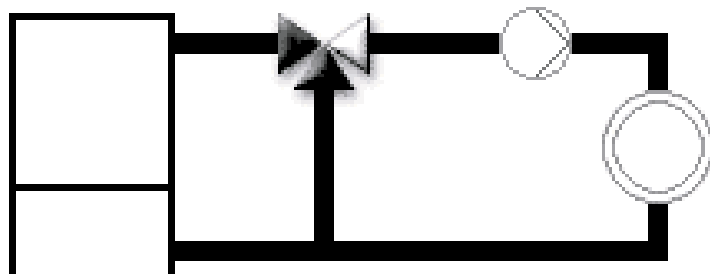
Geographische und synoptische Darstellung einer einfachen Anlage

Hinweis zur Darstellung von Stellgliedern

Bei der schematischen Darstellung von hydraulischen Schaltungen ist es auch wichtig, dass gewisse Komponenten symbolisch korrekt dargestellt werden.

Ein Element, bei dem dies besonders wichtig ist, ist das Dreiweg-Stellglied (Ventil oder Hahn).

Die beiden Tore mit variablem Durchfluss werden ausgefüllt gezeichnet, das Tor mit konstantem Durchfluss unausgefüllt.



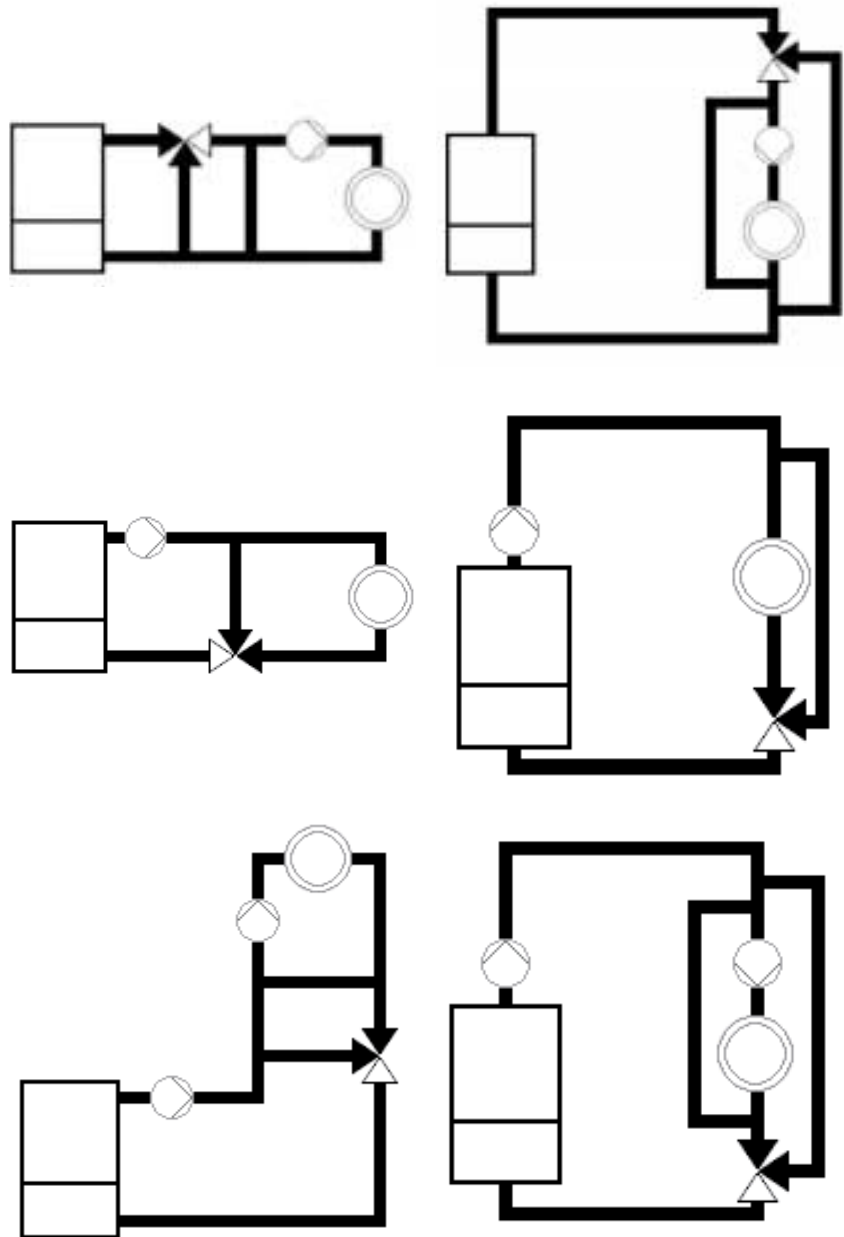
Schematische Darstellung von Ventiltoren:

ausgefüllt = variabler Durchfluss

unausgefüllt = konstanter Durchfluss

In vielen der schematischen Darstellung im Lernprogramm "Hydraulik in der Gebäudetechnik" und in diesen Unterlagen sind Stellglieder ohne Antrieb dargestellt. Dies vor allem um die Übersichtlichkeit der Zeichnungen zu verbessern. Zudem wird als Stellglied immer ein Ventil angenommen.

Beispiele geographischer und synoptischer Darstellungen:



Geographische Darstellung

Synoptische Darstellung

1.3 Verbraucher Grundschaltungen
1.3.1 Mengenvariable und mengenkonstante Kreise

Die Leistung (Wärme-/Kältemenge) an einem Erzeuger oder Verbraucher ist proportional zum Produkt aus Massenstrom und Temperaturdifferenz über dem Erzeuger oder Verbraucher.

$$\dot{Q} = \dot{V} \cdot \Delta T \cdot c \cdot \rho$$

Für unsere Überlegungen und für übliche Anwendungen in der Haustechnik nehmen wir die Dichte ρ und die spezifische Wärmekapazität c als konstant an. Damit ist die Leistung an einem Erzeuger oder Verbraucher proportional zum Produkt aus Volumenstrom und Temperaturdifferenz.

$$\dot{Q} \approx \dot{V} \cdot \Delta T$$

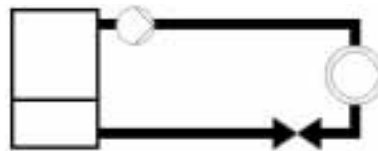
Bei hydraulischen Schaltungen können folglich folgende Größen zur Anpassung der Leistung herangezogen werden:

<p>Volumenstrom wird verändert bei konstanter Temperatur</p> <p>=> mengenvariabler Betrieb</p> <p>=> Durchflussregelung</p>	<p>Temperatur wird verändert bei konstantem Volumenstrom</p> <p>=> mengenkonstanter Betrieb</p> <p>=> Mischregelung</p>
---	---

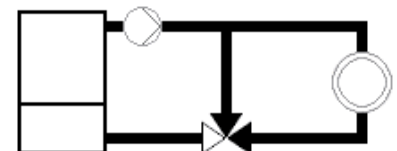
1.3.2 Durchfluss- und Mischregelung
Durchflussregelung

Zur Durchflussregelung (mengenvariabel) und zur Mischregelung (mengenkonstant) gibt es jeweils zwei hydraulische Grundschaltungen. Bei der Durchflussregelung (mengenvariable Kreise) sind dies:

- Drosselschaltung
- Umlenkschaltung



Drosselschaltung



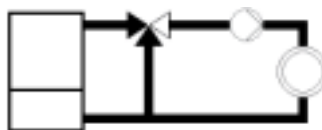
Umlenkschaltung

Beide verändern die Leistung durch unterschiedlichen Volumenstrom im Wärmeverbraucher.

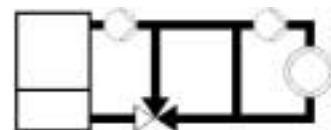
Mischregelung

Bei der Mischregelung (mengenkonstante Kreise) sind dies:

- Beimischschaltung
- Einspritzschaltung (mit Dreiweg- oder Durchgangsventil)



Beimischschaltung



Einspritzschaltung (mit Dreiwegventil)

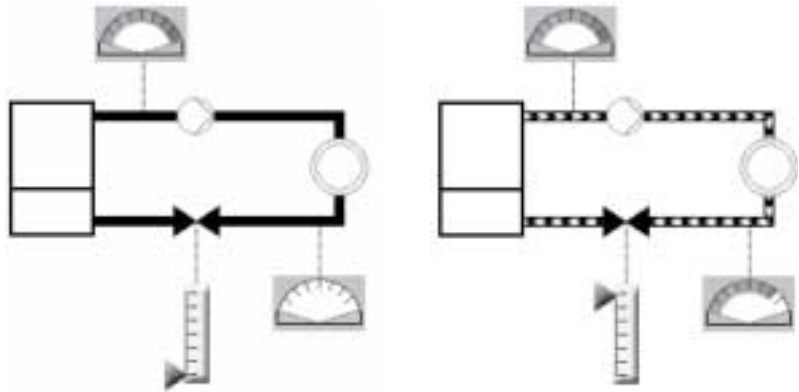
Beide verändern die Leistung durch unterschiedliche Eintrittstemperatur in den Wärmeverbraucher.

1.4 Hydraulische Grundsaltungen

1.4.1 Drosselschaltung

Funktionsweise

Wird das Ventil verstellt, beeinflusst dies den Volumenstrom sowohl im Erzeuger- wie im Verbraucherteil. Überall ergeben sich starke Schwankungen der Druckverhältnisse.



Drosselschaltung (Ventil geschlossen)

Drosselschaltung (Ventil voll offen)

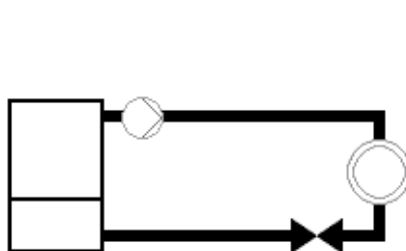
Eigenschaften

- tiefe Rücklauftemperatur im Teillastbetrieb
- variabler Volumenstrom in der ganzen Anlage
- beim Anfahren zeitliche Verzögerung der Eintrittstemperatur in den Wärmeverbraucher (Totzeit - je nach Länge und Abkühlung der Rohre)
- bei geschlossenem Ventil kann die Pumpe überhitzen
(=> Einsatz drehzahl geregelter Pumpen)

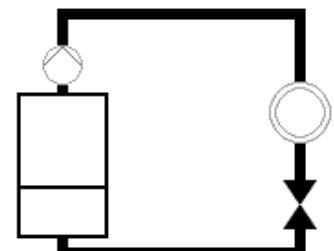
Einsatzgebiet

- Lufterwärmer ohne Einfriergefahr
- Luftkühler mit Entfeuchtung
- Boilerladung
- Fernheizungsanschluss (direkt oder mit Wärmeübertrager)
- Speicherladung und Speicherentladung
- Anlagen mit Kondensationskessel

Darstellungsarten



Geographische Darstellung



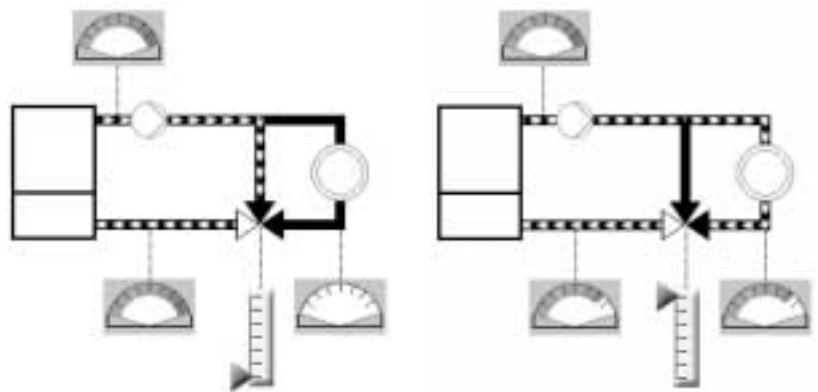
Synoptische Darstellung

1.4.2 Umlenkschaltung

Funktionsweise

Der heiße Kesselvorlauf wird je nach Ventilstellung zwischen Wärmeverbraucher und Bypass verteilt. Die Leistung im Wärmeverbraucher wird über den Durchfluss gesteuert. Der Temperaturabfall am Wärmeverbraucher steigt mit sinkendem Durchfluss.

Bei geschlossenem Ventil erreicht der Kesselrücklauf annähernd die Temperatur des Kesselvorlaufs.



Umlenkschaltung (Ventil geschlossen)

Umlenkschaltung (Ventil voll offen)

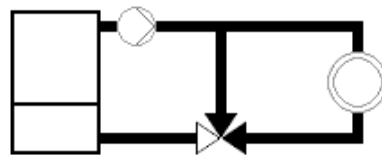
Eigenschaften

- variabler Durchfluss im Verbraucherkreis
- konstanter Durchfluss und Druck im Erzeugerkreis (vorteilhaft bei Anlagen mit mehreren Gruppen)
- mittlere bis hohe Temperatur im Erzeugerrücklauf
- beim Anfahren Vorlauftemperatur vom Erzeuger mit wenig Verzögerung am Wärmeverbraucher (sofern das Stellglied genügend nahe beim Verbraucher ist)

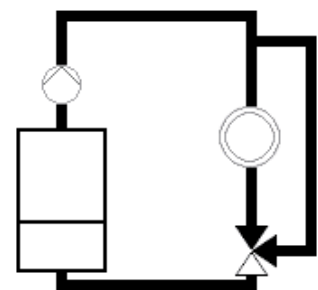
Einsatzgebiet

- Luftkühler mit Entfeuchtung
- Lufterwärmer ohne Einfriergefahr
- Wärmerückgewinnungssysteme
- Brauchwassererwärmung
- nicht geeignet für Anlagen mit Fernwärmeversorgung (hohe Rücklauftemperatur)

Darstellungsarten



Geographische Darstellung

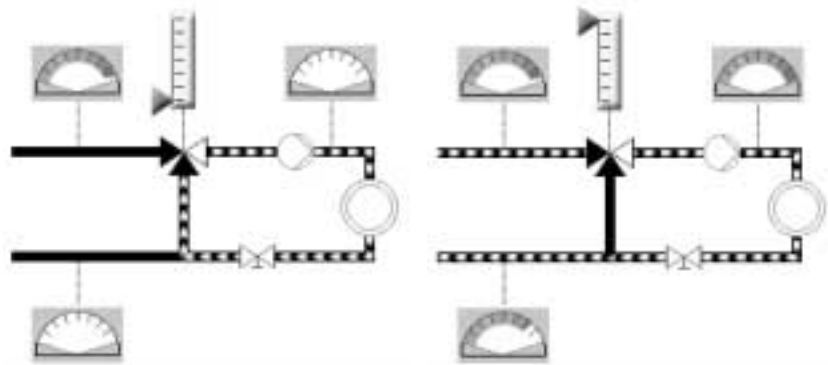


Synoptische Darstellung

1.4.3 Beimischschaltung

Funktionsweise

Ein Dreiweg-Stellglied unterteilt die ganze Schaltung in Primär- oder Erzeugerkreis und Sekundär- oder Verbraucherkreis. Heißes Erzeugerwasser und abgekühltes Rücklaufwasser werden gemischt, um die gewünschte Vorlauftemperatur in den Verbraucher zu steuern und damit dessen Leistung zu bestimmen.



Beimischschaltung (Ventil geschlossen)

Beimischschaltung (Ventil voll offen)

Eigenschaften

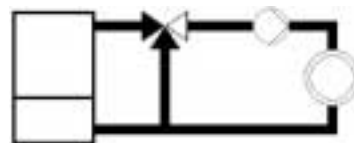
- tiefe Rücklauftemperatur bei kleiner Last
- variabler Volumenstrom im Erzeugerkreis
- konstanter Volumenstrom mit variabler Temperatur im Verbraucherkreis
- gleichmäßige Temperaturverteilung über dem Wärmeverbraucher
- geringe Einfriergefahr bei Lufterwärmern

Die Schaltung ist nicht geeignet für Anlagen mit Distanzen über 20 m zwischen Bypass und Regel-Fühler: Die lange Transportzeit (= Totzeit) erschwert die Regelaufgabe wesentlich.

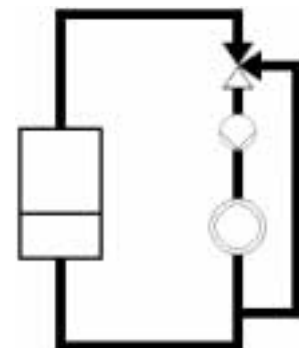
Einsatzgebiet

- Regelung von Heizkörper-Heizungen
- Lufterwärmer mit Einfriergefahr
- Anlagen mit Niedertemperatur-Wärmeerzeugern oder Wärmepumpen

Darstellungsarten



Geographische Darstellung



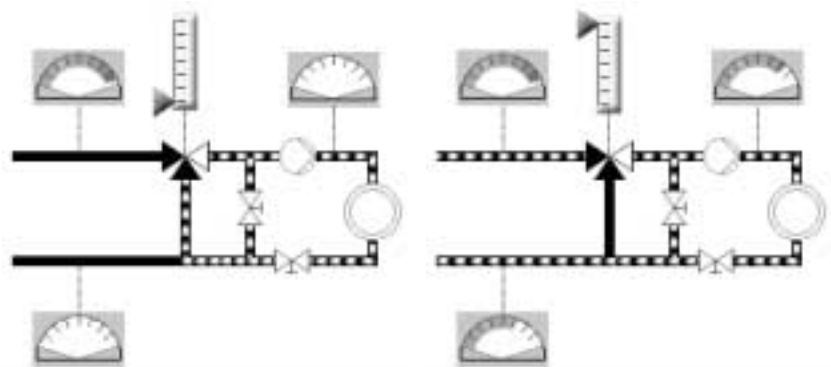
Synoptische Darstellung

1.4.3.1 Beimischschaltung mit fester Vormischung

Funktionsweise

Ein Dreiweg-Stellglied unterteilt auch hier die ganze Schaltung in Primär- oder Erzeugerkreis und Sekundär- oder Verbraucherkreis.

Zusätzlich wird durch die feste Vormischung immer ein bestimmter Anteil abgekühltes Rücklaufwasser dem Vorlauf beigemischt. Dies ist dann sinnvoll, wenn die gewünschte Vorlauftemperatur zum Verbraucher im Auslegezustand um einiges tiefer liegt, als die vom Erzeuger angelieferte Vorlauftemperatur. So wird erreicht, dass das Dreiweg-Stellglied über den gesamten Stellbereich (zu ... voll offen) arbeitet.



Beimischschaltung mit fester Vormischung (Ventil geschlossen)

Beimischschaltung mit fester Vormischung (Ventil voll offen)

Eigenschaften

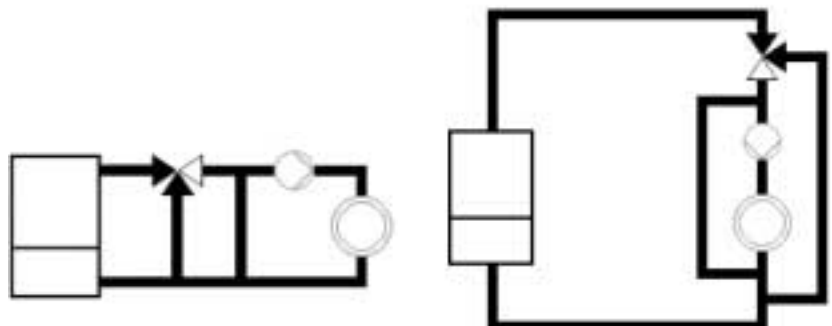
- tiefe Rücklauftemperatur bei kleiner Last
- variabler Volumenstrom im Erzeugerkreis
- konstanter Volumenstrom mit variabler Temperatur im Verbraucherkreis

Die Schaltung ist nicht geeignet für Anlagen mit Distanzen über 20 m zwischen Bypass und Regel-Fühler: Die lange Transportzeit (= Totzeit) erschwert die Regelaufgabe wesentlich.

Einsatzgebiet

- Verbraucherkreise, mit tieferer Vorlauftemperatur als der Erzeugervorlauf
- Regelung von Fussbodenheizungen und Heizkörper-Heizungen, Anlagen mit Niedertemperatur-Wärmeerzeugern oder -Wärmepumpen

Darstellungsarten



Geographische Darstellung

Synoptische Darstellung

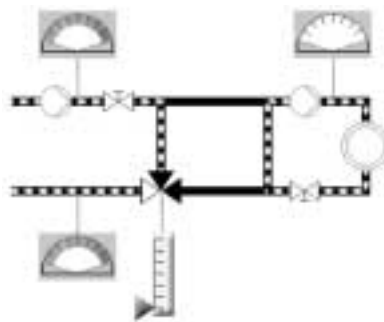
1.4.4 Einspritzschaltung

1.4.4.1 Einspritzschaltung mit Dreiwegventil

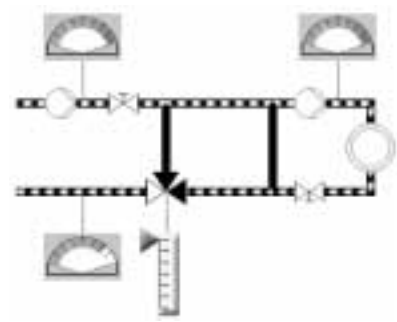
Funtionsweise

Die Pumpe links sorgt für den Druck im Erzeugerkreis, inklusive dem Druckabfall über dem Stellglied. Die Pumpe rechts sorgt für den Druck im Verbraucherkreis.

Die Erzeugerpumpe spritzt je nach Stellung des Dreiwegventils mehr oder weniger heisses Vorlaufwasser in den Verbraucherkreis ein. Dieses wird mit abgekühltem Verbraucher-Rücklaufwasser gemischt, welches von der Verbraucherpumpe über den Bypass angesaugt wird. Im Verbraucherkreis erhält man einen konstanten Volumenstrom mit variabler Temperatur.



Einspritzschaltung mit Dreiwegventil
(Ventil geschlossen)



Einspritzschaltung mit Dreiwegventil
(Ventil voll offen)

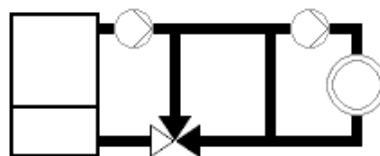
Eigenschaften

- konstanter Durchfluss, sowohl im Erzeugerkreis wie auch im Verbraucherkreis
- relativ hohe Rücklaufftemperatur (entspricht bei Last = 0% dem Erzeuger-Vorlauf und bei Last = 100% dem Verbraucher-Rücklauf)
- gleichmässige Temperaturverteilung über dem Wärmeverbraucher
- geringe Einfriergefahr bei Lufterwärmern

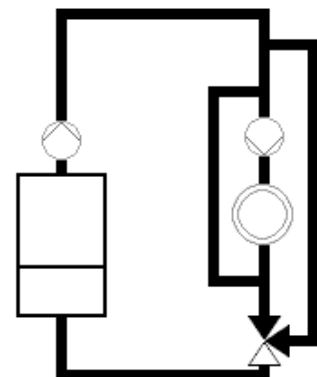
Einsatzgebiet

- Radiator- und Fussboden-Heizungen
- Lufterwärmer mit Einfriergefahr
- Luftkühler ohne geregelte Entfeuchtung
- Boilerladung
- nicht geeignet für Anlagen mit Fernwärmeversorgung (hohe Rücklaufftemperatur)

Darstellungsarten



Geographische Darstellung



Synoptische Darstellung

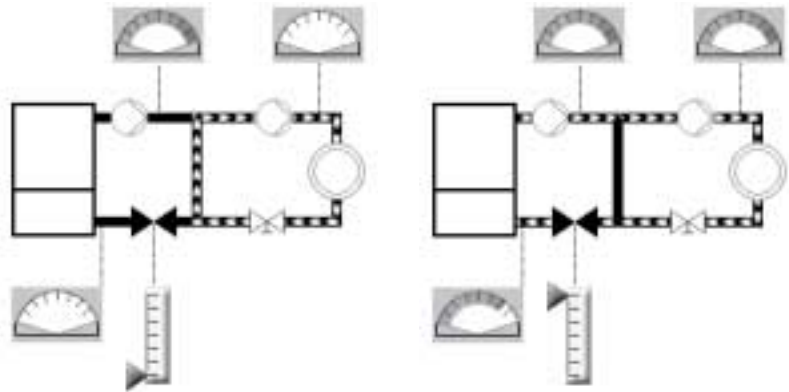
1.4.2 Einspritzschaltung mit Durchgangsventil

Funktionsweise

Durch die Pumpe im Erzeugerkreis wird – je nach Stellung des Durchgangsventils – mehr oder weniger heisses Vorlaufwasser in den Verbraucherkreis eingespritzt.

Durch diese Schaltung erhält man im Verbraucherkreis einen konstanten Volumenstrom mit variabler Temperatur.

Im Erzeugerkreis hingegen ergeben sich grosse Änderungen von Volumenstrom und Druck, was bei Anlagen mit mehreren Gruppen berücksichtigt werden muss.



Einspritzschaltung mit Durchgangsventil (Ventil geschlossen) **Einspritzschaltung mit Durchgangsventil** (Ventil voll offen)

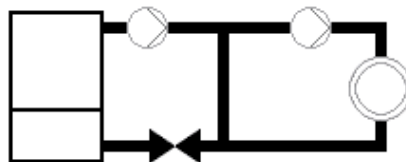
Eigenschaften

- relativ tiefe Rücklauftemperatur (kalt ... Verbraucher-Rücklauftemperatur bei 100 % Last)
- gleichmässige Temperaturverteilung über dem Wärmeverbraucher
- geringe Einfriergefahr bei Lufterwärmern
- bei geschlossenem Ventil kann die Pumpe im Erzeugerkreis überhitzen (=> Einsatz drehzahl geregelter Pumpen)

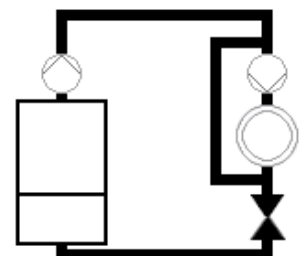
Einsatzgebiet

- Wärmespeicher und Wärmepumpen
- Niedertemperatur-Kesselanlagen (Brennwert-Kessel, kondensierende Kessel)
- direkte Fernheizungsanschlüsse
- nicht geeignet für Luftkühler mit Entfeuchtungsregelung

Darstellungsarten



Geographische Darstellung



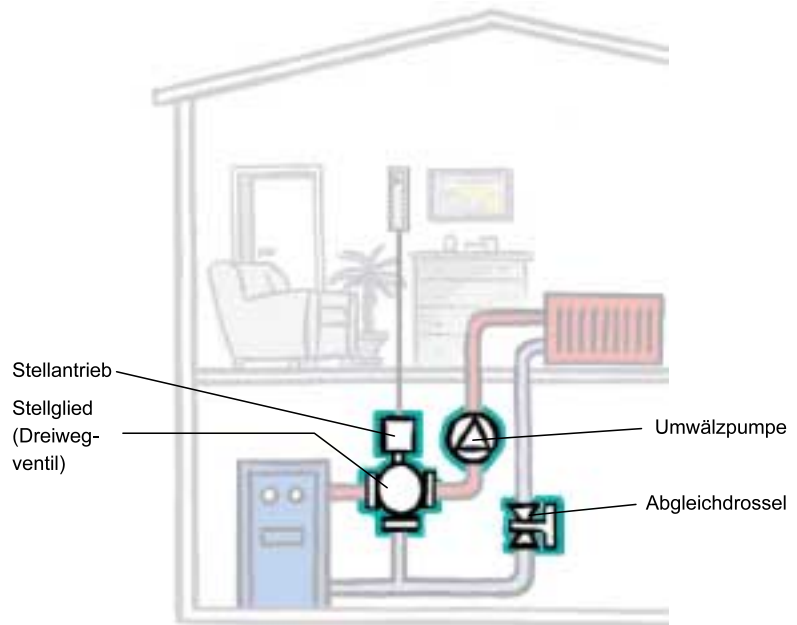
Synoptische Darstellung

1.5 Komponenten im Verbraucherkreis

Die hydraulischen Schaltungen, die in den vorangehenden Abschnitten besprochen wurden, funktionieren in der Praxis nur richtig, wenn einige wichtige Komponenten vorhanden und an der richtigen Stelle eingebaut sind.

Einige dieser Elemente wollen wir etwas näher betrachten. Es sind dies:

- das Stellgerät
- die Umwälzpumpe
- die Abgleichdrossel



Wichtige Komponenten im Verbraucherkreis

1.5.1 Stellgerät

Das Stellgerät besteht aus Stellglied und Stellantrieb. Es hat die Aufgabe, so in den Volumenstrom zwischen Wärmeerzeuger und Wärmeverbraucher einzugreifen, dass die Wärmeabgabe zwischen 0 und 100% verändert wird. Jedes Stellglied hat ein Regeltor, das mehr oder weniger offen sein kann - oder auch nur offen oder geschlossen. Als Stellglied kommen Hähne (Drehbewegung) oder Ventile (Hubbewegung) zum Einsatz. Bei den Ventilen wird unterschieden zwischen:

- Durchgangsventil
- Dreiwegventil

Durchgangsventil

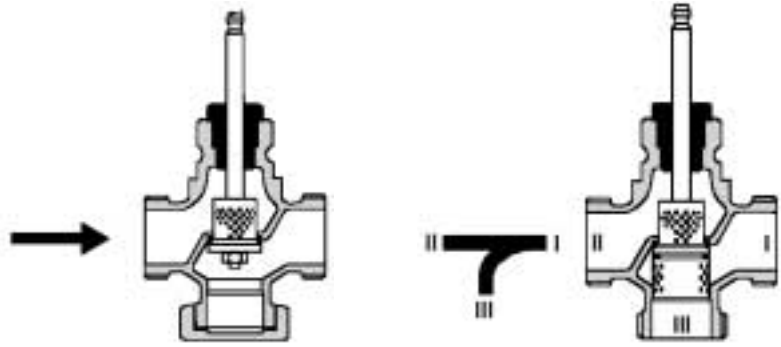
Beim Durchgangsventil wird durch eine Hubänderung der Strömungsquerschnitt verringert oder vergrößert. Daraus resultiert ein mengenvariabler Volumenstrom.

Dreiwegventil

Das Dreiwegventil hat ein mengenkonstantes Ventiltor. Je nach dem, ob das Ventil als Misch- oder Verteilventil eingebaut ist, ergibt sich ein anderes Resultat einer Hubänderung.

Mischen: Der austretende Volumenstrom bleibt konstant; er wird aus zwei mengenvariablen Strömen zusammengemischt (siehe Bild unten, rechts).

Verteilen: Ein mengenkonstanter Eintrittsvolumenstrom wird in zwei mengenvariable Austrittsströme aufgeteilt.
(Hinweis: Nicht alle Dreiwegventile sind geeignet zum Einbau als Verteilventil).



Durchgangsventil

Dreiwegventil

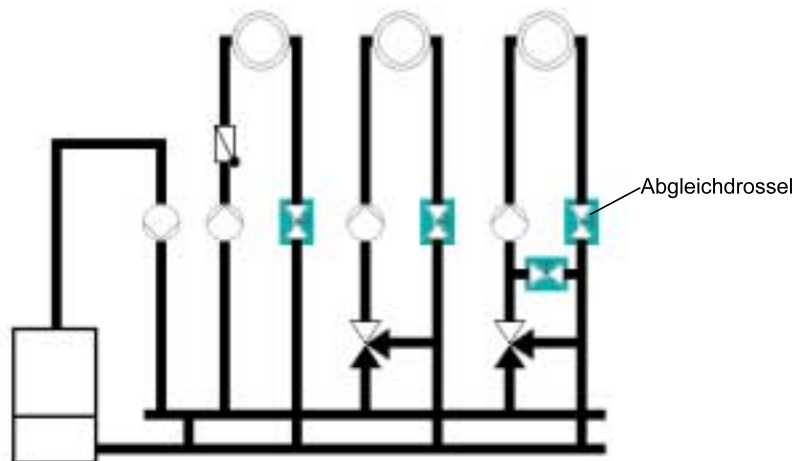
Durchgangs- und Dreiwegventil (Schnittbild) als mögliche Stellglieder
(Torbezeichnung anders je nach Fabrikat, z.B. A, B, AB)

1.5.2 Abgleichdrossel

Mit Abgleichdrosseln in mengenkonstanten Teilen von hydraulischen Schaltungen kann die Anlage bei der Inbetriebnahme auf den berechneten Nennvolumenstrom eingestellt werden.

Hydraulischer Abgleich

Diesen Vorgang nennt man den hydraulischen Abgleich. Er ist eine wichtige Voraussetzung für das einwandfreie Funktionieren einer Anlage.



Heizgruppen mit eingebauten Abgleichdrosseln (im mengenkonstanten Schaltungsteil)

1.5.3 Umwälzpumpe

Eine hydraulische Schaltung funktioniert nur richtig, wenn die Umwälzpumpe:

- korrekt dimensioniert ist
- richtig eingebaut und angeschlossen ist
- auf der richtigen Drehzahl läuft

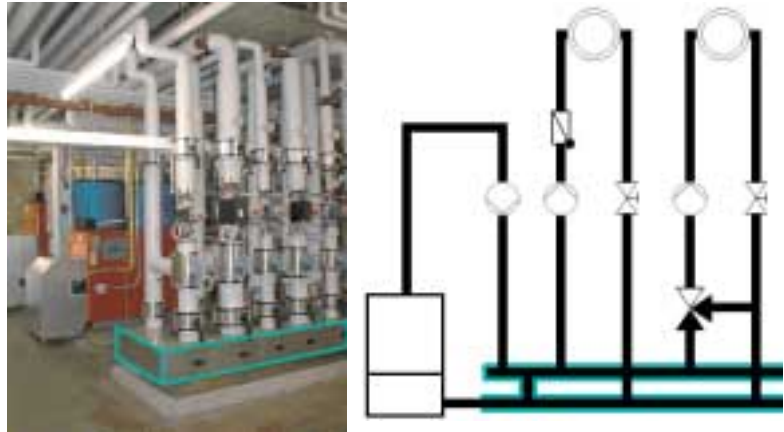
Weiter besteht bei einigen Schaltungen die Gefahr der Überhitzung der Pumpe, vor allem dort, wo diese gegen ein geschlossenes Ventil arbeitet (vgl. z.B. Drosselschaltung).

Abhilfe schaffen in solchen Situationen der Einsatz von drehzahlgeregelten Pumpen oder der Einbau eines kleinen, einstellbaren Bypasses ("Überströmer") der eine minimale Zirkulation auch bei geschlossenem Ventil zulässt.

Weiter kann eine Pumpe über einen Endkontakt ausgeschaltet werden, wenn das Ventil schliesst oder eine kleine Öffnungsposition (z.B. < 2 %) erreicht.

1.6 Verteiler
1.6.1 Verteilertypen

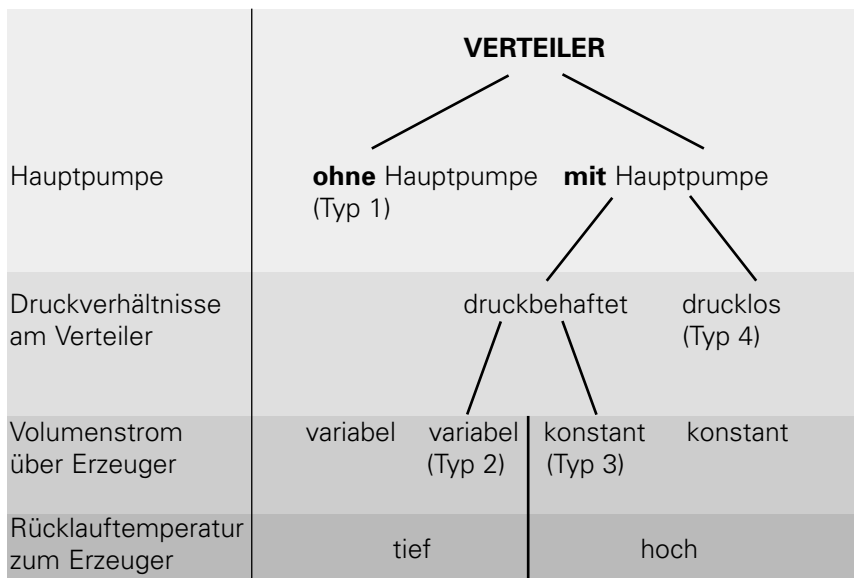
In der Praxis sind es meist mehrere Verbraucher, die von einem Erzeuger versorgt werden. Der Verteiler wird als Bindeglied zwischen der Erzeugerseite und mehreren Verbrauchern eingebaut. Er verteilt das Wasser im Vorlaufverteiler auf die verschiedenen Verbraucher und sammelt im Rücklaufsammler das Wasser aller Verbraucher.



Verteiler als Bindeglied zwischen Erzeuger- und Verbraucherseite

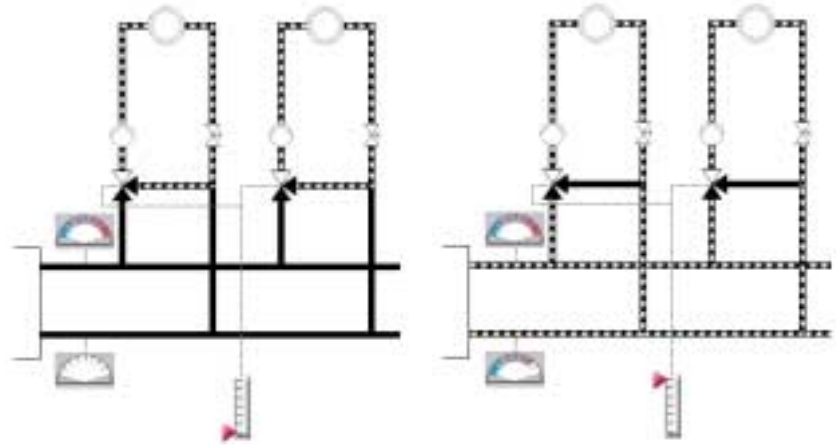
Die Verbraucher- und die Erzeugerseite stellen gewisse Anforderungen an den Verteiler, z.B. Druckverhältnisse, konstanter oder variabler Durchfluss, notwendige Vor- und Rücklauftemperaturen, Um all diese Bedingungen zu erfüllen, braucht es verschiedene Verteilertypen.

Verteiler können wie folgt eingeteilt werden:



Der Verteiler kann nicht für sich alleine betrachtet werden. Es ist wichtig, dass die zum Verteilertyp passenden Verbraucherschaltungen eingesetzt werden. Dabei ist zu beachten, dass Verbraucherschaltungen mit gleichem (oder ähnlichem) Verhalten eingesetzt werden.

1.6.1 Verteiler ohne Hauptpumpe (Typ 1), für Verbrauchergruppen in Beimischschaltung



Ventile der Verbrauchergruppen geschlossen

Ventile der Verbrauchergruppen offen

Eigenschaften:

- Rücklauftemperatur tief (zwischen kalt und Verbraucher-Rücklauf)
- Volumenstrom variabel über Erzeuger, konstant über Verbraucher
- starke gegenseitige Beeinflussung der Verbrauchergruppen (d.h. jede grössere Veränderung in einer Gruppe führt zu Druckveränderungen am Verteiler deren Auswirkungen auf die anderen Gruppen von diesen ausgeglichen werden müssen)
- Gefahr von Fehlzirkulation, wenn z.B. Brauchwasserladung am Verteilerende
- Gruppenpumpen müssen anteilmässig den Druckverlust im Erzeugerkreis übernehmen

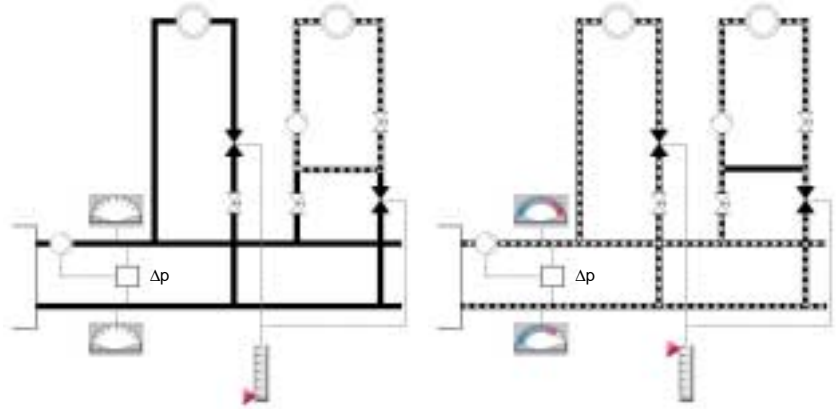
Wichtig für problemlosen Einsatz:

- keine Erzeuger, die minimalen Durchfluss benötigen
- max. Druckverlust im Erzeugerkreis < 20 % des niedrigsten Gruppenpumpen-Förderdrucks => Leitungen kurz und grosszünftig dimensioniert
- Stellglieder der Verbrauchergruppen korrekt dimensioniert
- Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf bei den Gruppen eingehalten (d.h. Abgleichdrossel richtig eingestellt)

Einsatzgebiet:

- Erzeuger, die tiefe Rücklauftemperatur erfordern (z.B. kondensierender Heizkessel)
- Speicher

**1.6.1.2 Verteiler mit Hauptpumpe (Typ 2),
für Verbrauchergruppen in Drossel-
schaltung oder Einspritzschaltung mit
Durchgangsventil**



Ventile der Verbraucher geschlossen

Ventile der Verbraucher offen

Eigenschaften:

- Rücklauftemperatur tief (Verbraucher-Rücklauf)
- Volumenstrom variabel über Erzeuger

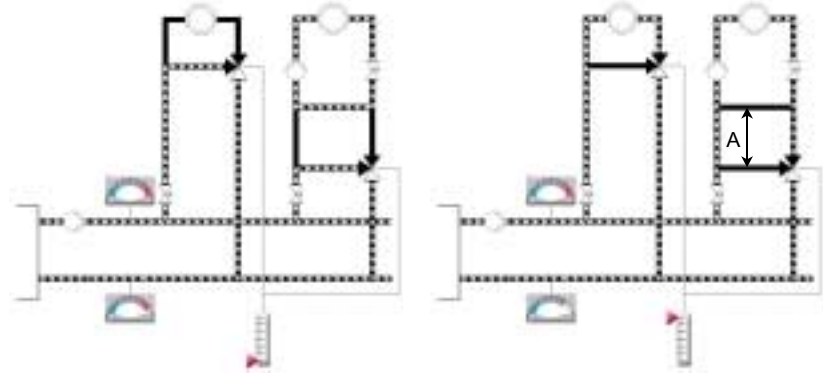
Wichtig für problemlosen Einsatz:

- Stellglieder der Verbrauchergruppen korrekt dimensioniert
- Hauptpumpe drehzahl geregelt (reduziert Energieverbrauch; "AUS" bei Nulllast, damit diese nicht Schaden nimmt) oder einstellbarer Bypass (am Verteileranfang) für minimale Zirkulation (Nachteil: hebt Rücklauftemperatur wieder an)

Einsatzgebiet:

- Boilerladungen
- Zubringer in Fernleitungsnetz (z.B. Nahwärmeverbund)

1.6.1.3 Verteiler mit Hauptpumpe (Typ 3), für Verbraucherguppen in Verteilschaltung oder Einspritzschaltung mit Dreiwegventil



Ventile der Verbraucherguppen geschlossen

Ventile der Verbraucherguppen offen

Eigenschaften:

- Rücklauftemperatur hoch (zwischen Verbraucher-Rücklauf und annähernd Erzeuger-Vorlauf)
- Volumenstrom konstant über Erzeuger
- Hauptpumpe muss beim Einsatz von Verteilschaltungen (Umlenkschaltungen) auch den Druckverlust über den Verbraucher übernehmen
- hydraulischer Abgleich ist anspruchsvoll
- spätere Erweiterung macht erneuten hydraulischen Abgleich erforderlich

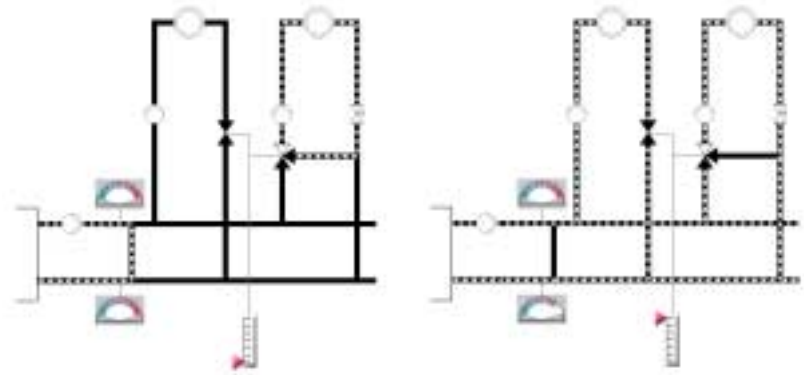
Wichtig für problemlosen Einsatz:

- Stellglieder der Verbraucherguppen korrekt dimensioniert
- nur empfehlenswert, wenn bezüglich Pumpenleistung bedeutende Verbraucher ohne Gruppenpumpe (d.h. mit Umlenkschaltung) betrieben werden können
- bei Einspritzschaltung Abstand A min. 0.4 m oder $10 \times$ Leitungsdurchmesser (\Rightarrow genügend Platz), sonst Gefahr von schleichender Zirkulation
- Erzeuger muss für hohe Rücklauftemperaturen geeignet sein

Einsatzgebiet:

- Erzeuger mit Rücklaufminimalbegrenzung

1.6.1.4 Verteiler mit Hauptpumpe (Typ 4), für druckdifferenzlosen Verbraucher- anschluss in Beimischschaltung



Ventile der Verbrauchergruppen geschlossen

Ventile der Verbrauchergruppen offen

Eigenschaften:

- Rücklauftemperatur hoch (zwischen Verbraucher-Rücklauf und Erzeuger-Vorlauf)
- Volumenstrom konstant über Erzeuger
- klare hydraulische Entkopplung zwischen Erzeuger- und Verbraucherseite
- benötigt Abgleichdrosseln (nur in Verbraucherkreisen zum Einstellen des Nennvolumenstroms)

Wichtig für problemlosen Einsatz:

- Verteiler und vor allem Kurzschluss grosszügig dimensionieren
- Verbrauchergruppen mit konstantem oder ganzjährigem Heizbedarf sind am Verteileranfang anzuschliessen. Eine unnötige Durchströmung des Verteilers wird damit weitgehend vermieden.
- Verteiler kann mit Drosselschaltung(en) kombiniert werden, deren Leistung(en) aber klein sind im Verhältnis zur Leistung am gesamten Verteiler

Einsatzgebiet:

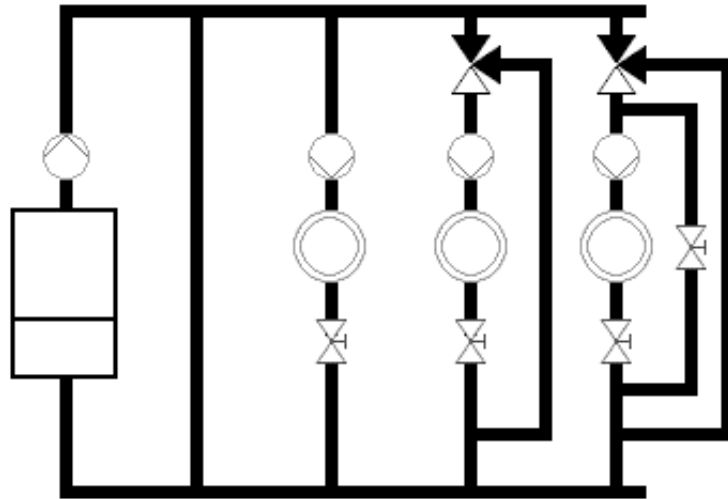
- Erzeuger, die eine hohe Rücklauftempertur erfordern

1.6.1.5 Schematische Darstellung von Verteilern

Man unterscheidet, wie schon bei den Verbraucher-Schaltungen, zwei schematische Darstellungsweisen - die synoptische und die geographische Darstellung.

Synoptische Darstellung:

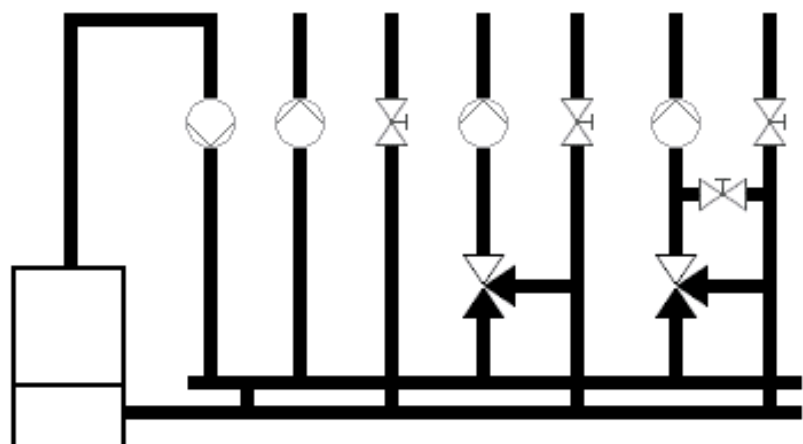
- Oben Vorlauf, heisses Wasser
- Unten Rücklauf, kaltes Wasser
- dazwischen Erzeuger und die einzelnen Verbraucher parallel in Flussrichtung geschaltet



Geographische Darstellung:

Praktiker und Planer bevorzugen eher die geographische Darstellung, die den Aufbau der Anlage etwa so darstellt, wie sie im Heizungsraum auch installiert wird.

Vom Erzeuger wird der Vor- und Rücklauf auf einen Verteilbalken geführt, auf dem die einzelnen Verbraucherschaltungen senkrecht nebeneinander aufgebaut sind.



2. Hydraulische Kennlinien

Teile der hydraulischen Schaltung sind gleichzeitig auch Teile der Regelstrecke.

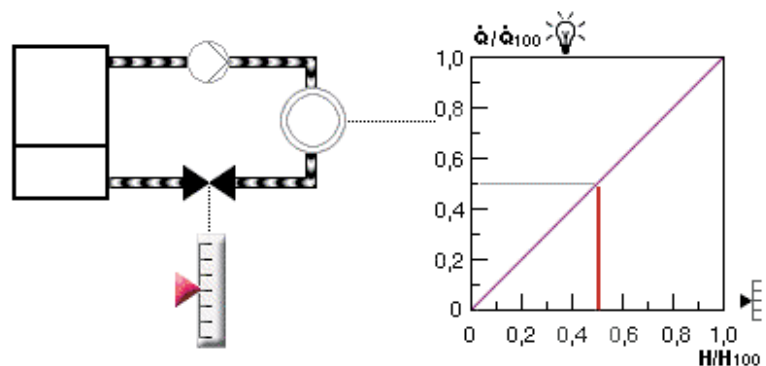
Um den Komfort der Gebäudebenützer mit schonendem Betrieb der Anlage gewährleisten zu können, müssen hydraulische Kreise auch die Bedürfnisse der Regeltechnik erfüllen.

Die Kombination von Kennlinien und Eigenschaften der Ventile, Wärmeverbraucher und Pumpen im Hydraulik-Kreis bestimmt, ob die Leistung der Anlage mit dem Stellgerät (Stellglied und Stellantrieb) bedarfsgerecht dosiert werden kann – oder nicht.

Der Stellantrieb setzt das Stellsignal des Reglers in eine Hub- oder Drehbewegung am Stellglied um, wodurch der für die Verbraucherleistung massgebende Volumendurchfluss zwischen 0 und 100 % verändert wird.

Ziel ist die optimale Regelbarkeit

Es wird dabei angestrebt, dass zwischen dem Ventilhub und der Wärmeabgabe ein lineares Verhältnis entsteht, d.h. wenn der Ventilhub 50 % des Stellbereiches beträgt, soll die Wärmeabgabe 50 % der Nennleistung entsprechen.



Gewünschtes Verhalten: 50 % Leistung bei Ventilhub 50 %

Dieses gewünschte Verhalten lässt sich in der Praxis nur annähernd realisieren. Verschiedene Faktoren beeinflussen es, weshalb wir diese nun im Detail betrachten wollen.

2.1 Wärmeübertrager-Kennlinie und a-Wert

Das Verhältnis zwischen dem Volumendurchfluss des Wärmeträger-Mediums und der Wärmeabgabe ist abhängig von

- der Konstruktion des Wärmeübertragers
- der Temperaturdifferenz zwischen Wassereintritt und -austritt
- der Differenz zwischen wärmeaufnehmendem und -abgebendem Medium

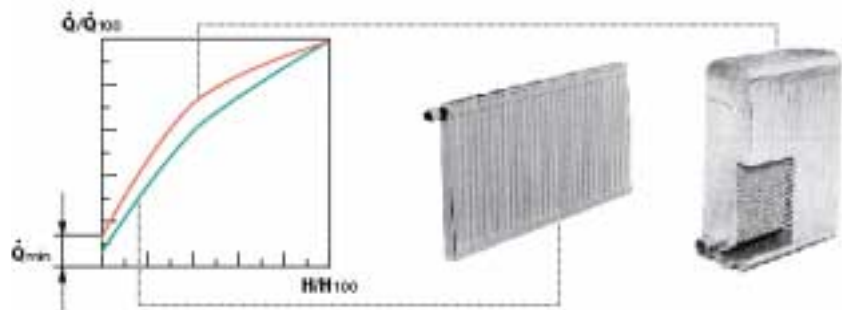
und in der Regel nicht linear.

Viele Wärmeübertrager-Kennlinien verlaufen bei kleinem Durchfluss äusserst steil. Daraus folgt, dass sich der Heizkörper ziemlich stark erwärmt, auch wenn nur wenig heisses Wasser durchfließt.

Beispiele:

- 10 % Volumendurchfluss => 40 % Wärmeabgabe
- Änderung von 50 % auf 100 % Volumendurchfluss => 15 % mehr Wärmeabgabe

Der Leistungssprung \dot{Q}_{\min} ist die kleinste stetig regelbare Wärmeleistung. Er ist abhängig von der Anfangsteilheit der Wärmeübertrager-Kennlinie und dem Stellverhältnis S_V des Ventils.

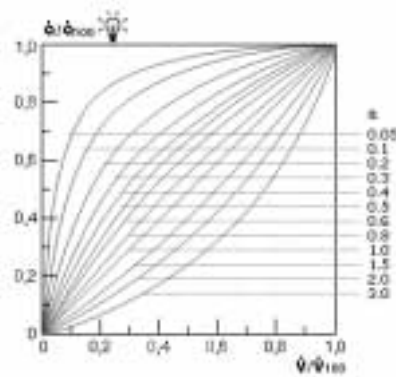


Typische Wärmeübertrager-Kennlinien (Beispiel Radiator und Wärmeübertrager für Fernheizungsanschluss)

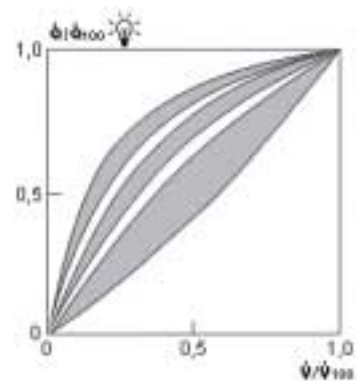
a-Wert Der a-Wert ist das Maß der Nichtlinearität einer Wärmeübertrager-Kennlinie. Er wird aus den Temperaturverhältnissen am Wärmeübertrager berechnet* und ist von der Art der hydraulischen Schaltung abhängig.

Folgerung:

Um die gewünschte gute Regelbarkeit der Anlage zu erreichen, muss diese Krümmung der Wärmeübertrager-Kennlinie durch eine entsprechende Ventilkennlinie ausgeglichen werden.



Wärmeübertrager-Kennlinien mit unterschiedlichen a-Werten



Bereiche typischer Wärmeübertrager-Kennlinien:
 Oben: Luftkühler mengenvariabel
 Mitte: Radiator-Heizung
 Unten: Wärmeübertrager Wasser/Wasser

Es gilt:

- a-Wert = 1 => lineares Verhalten
- a-Wert < 1 => Krümmung nach oben
- a-Wert > 1 => Krümmung nach unten

2.2 Ventilkennlinie

Wichtige Werte für die Auslegung eines Ventils sind:

- erforderlicher Durchfluss
- Druckabfall über der mengenvariablen Strecke

2.2.1 k_v -Werte

k_v -Wert: Durchfluss-Kennwert bei bestimmtem Hub

Der k_v -Wert eines Ventils ändert sich je nach Ventilstellung (Hub). Er spezifiziert den Durchfluss bei einer konstanten Druckdifferenz von 1 bar über dem Regeltor.

k_{vs} -Wert: Durchfluss-Kennwert bei offenem Ventil

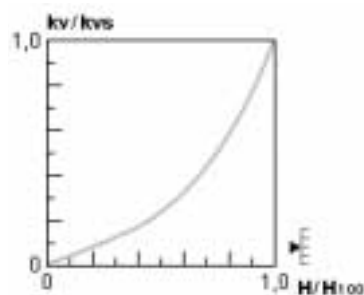
Der k_v -Wert, der sich bei voll geöffnetem Ventil ergibt (also bei Nennhub H_{100}), heisst k_{vs} -Wert.

Die Hersteller von Ventilen und Drosselorganen geben diese konstruktionsabhängige Grösse k_{vs} für jedes Stellglied an.

Um verschiedene Fabrikate und Typen vergleichen zu können, werden Ventile einheitlich spezifiziert:

- k_v -Werte relativ zum k_{vs} -Wert: $k_v / k_{vs} = 0 \dots 1$
- Hub H relativ zum Nennhub H_{100} : $H / H_{100} = 0 \dots 1$

Wird k_v / k_{vs} über den Hubbereich $0 \dots 1$ dargestellt, so nennt man dies die Ventilkennlinie (auch Ventil-Grundkennlinie).



Typische Ventilkennlinie

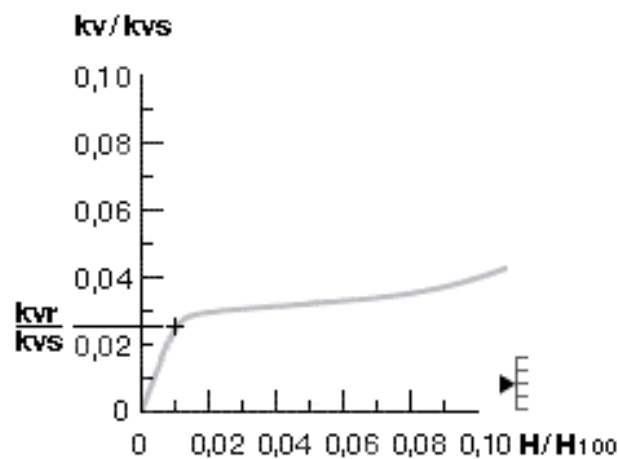
2.2.2 Stellverhältnis S_v eines Ventils

Das Stellverhältnis S_v wird bestimmt aus dem Nenn-Durchfluss k_{vs} im Verhältnis zum kleinsten regelbaren Durchfluss k_{vr}

Stellverhältnis $S_v = k_{vs} / k_{vr}$ (übliche Werte sind 50 ... >150)

Das Stellverhältnis S_v ist eine wichtige Kenngrösse zur Beurteilung des regelbaren Bereiches eines Stellgliedes und ist hauptsächlich abhängig von der Bauart des Ventilkegels und des Ventils.

Der kleinste regelbare Durchfluss k_{vr} ist der Volumenstrom im Öffnungssprung des Ventils (dort wo die Neigung der Ventilkennlinie plötzlich steil abfällt).



Kleinsten regelbaren Durchfluss k_{vr} eines Ventils

Unterhalb von k_{vr} wird der Betrieb einer stetigen Regelung problematisch, weil das Stellglied nur noch Mengensprünge dosiert (Auf/Zu).

2.2.3 Ventil-Kennlinien

Man unterscheidet zwischen:

- Kennlinien-Grundform
mathematisch berechnet, also theoretisch
- Grundkennlinie
Durchfluss unter Normbedingungen (1 bar, 25 °C), gemessen für jede Ventilstellung

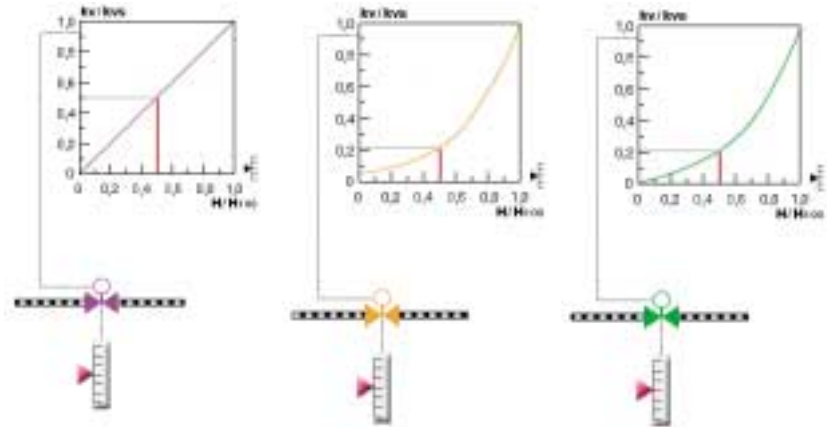
Die gebräuchlichsten Kennlinien-Grundformen sind nachfolgend kurz beschrieben:

- linear** Gleiche Änderung des Hubes führt zu gleicher Änderung des k_v -Wertes.
- gleichprozentig** Eine gleiche Hubänderung ergibt eine prozentual gleich grosse Änderung des jeweiligen k_v -Wertes, d.h. je grösser der Hub (je offener das Ventil), desto stärker wirkt sich die Hubänderung auf den Durchfluss aus. Im unteren Hubbereich ist die Kennlinie noch flach, nach oben wird sie immer steiler.

gleichprozentig/linear

Kennlinien-Grundform, die im unteren Hubbereich linear ist und ab ca. 30 % des Hubs gleichprozentig wird.

Die Kennlinie-Grundform ist Basis für die Konstruktion des Ventilkegels, der dann die Grundkennlinie des Ventils bestimmt.



linear

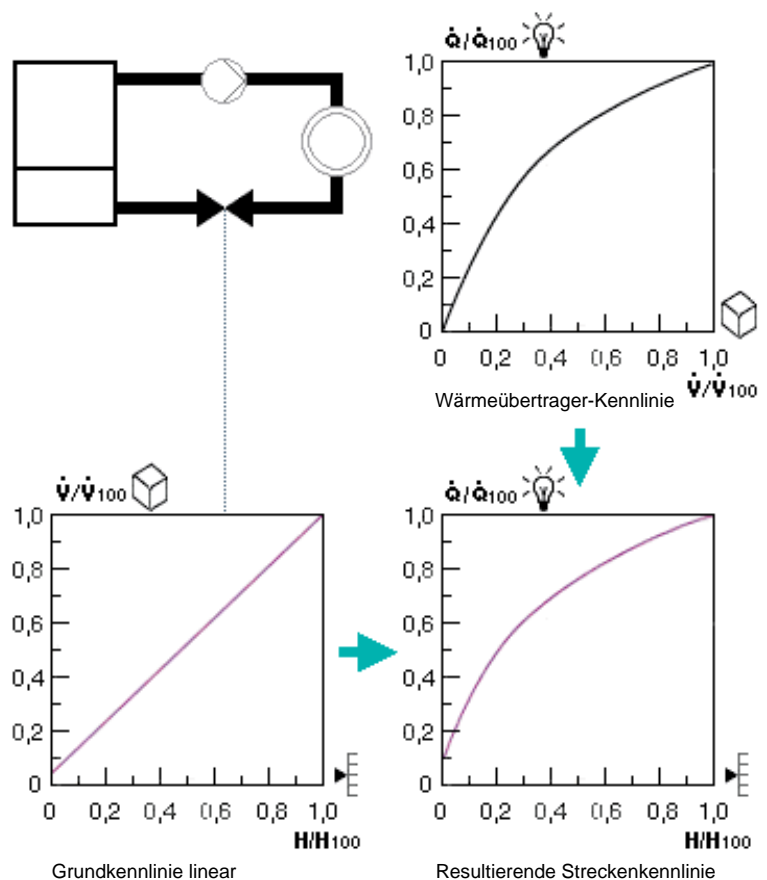
gleichprozentig

gleichprozentig-linear

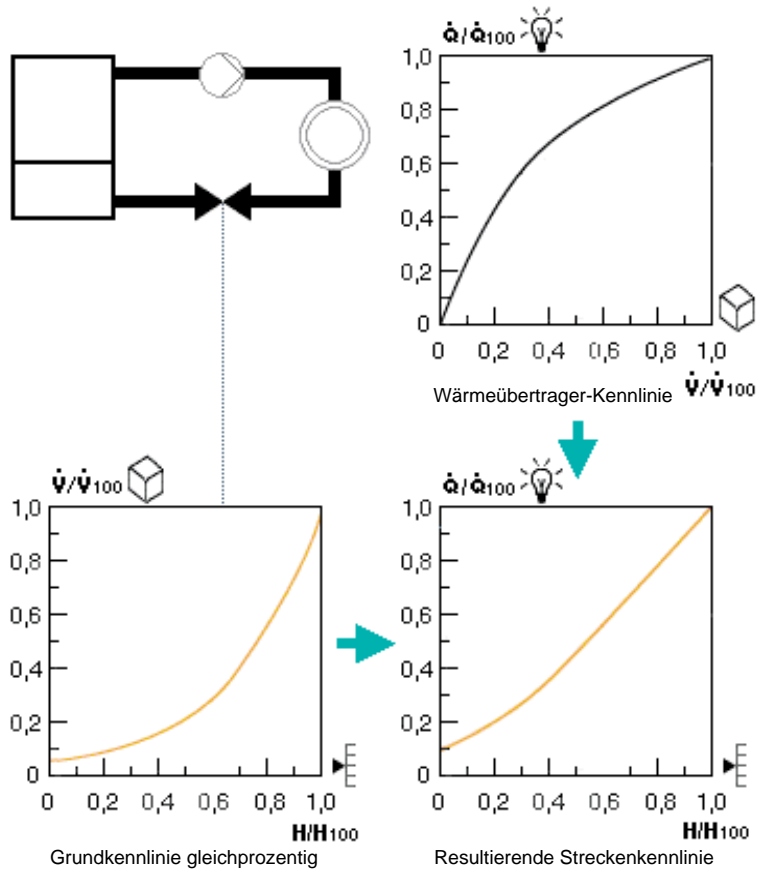
Ventilkennlinien im Vergleich

2.3 Streckenkennlinie

Wird ein Ventil in eine Anlage eingebaut, so sollte die Ventilkennlinie die Wärmeübertrager-Kennlinie kompensieren. Die daraus resultierende Leistungsabgabe am Wärmeübertrager kann wiederum als Graph dargestellt werden – die Streckenkennlinie (auch Regelkennlinie genannt).



Streckenkenlinie aus Wärmeübertrager-Kennlinie und Ventil mit linearer Grundkennlinie



Streckenkennlinie aus Wärmeübertrager-Kennlinie und Ventil mit gleichprozentiger Grundkennlinie

Die beiden Grafiken zeigen, dass man durch die geschickte Wahl der Ventil-Kennlinie dem Ziel näher kommt, aber ein lineares Verhalten zwischen Hub und Leistung kann damit allein noch nicht erreicht werden.

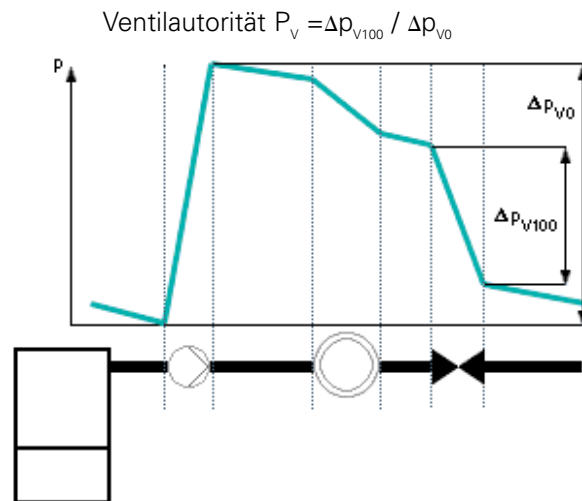
2.3.1 Ventil-Betriebskennlinie und Ventilautorität P_V

Die Streckenkennlinie wird nicht nur durch die Ventil-Grundkennlinie und die Wärmeübertrager-Kennlinie bestimmt, auch der Druckabfall über dem Ventil spielt eine wichtige Rolle.

Die Ventil-Betriebskennlinie zeigt den Zusammenhang zwischen Hub und Volumendurchfluss eines in einer hydraulischen Schaltung eingebauten Ventils.

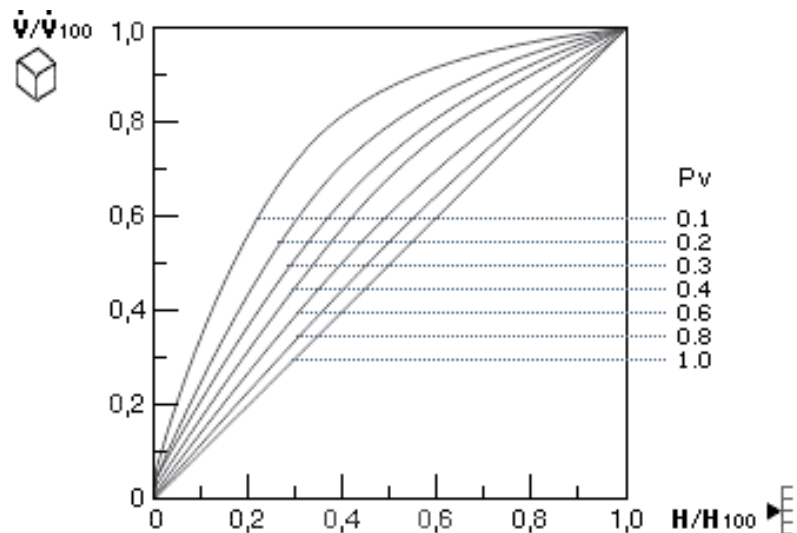
Die Betriebskennlinie weicht von der Ventil-Grundkennlinie ab, da die Druckdifferenz nicht über den ganzen Hubbereich des Ventils konstant bleibt.

Das Mass für diese Abweichung ist die Ventilautorität P_V :



Ventilautorität P_V wird bestimmt aus Δp_{V100} und Δp_{V0}

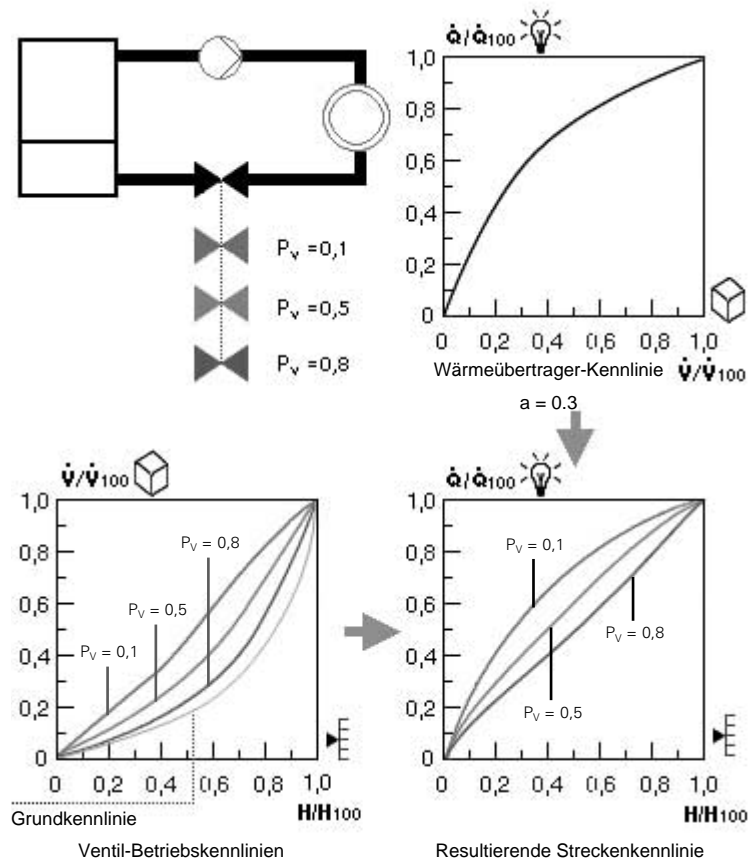
Auswirkung der Ventilautorität auf die Ventil-Grundkennlinie



Ventil-Betriebskennlinien in Abhängigkeit von P_V (Beispiel lineare Grundkennlinie, d.h. $P_V = 1.0$)

Die dargestellten Betriebskennlinien (hier am Beispiel einer linearen Grundkennlinie) zeigen die Auswirkung der Ventilautorität $P_v < 1$ auf die Grundkennlinie:

- je kleiner der Druckabfall Δp_{v100} über dem Ventil im Vergleich zum beeinflussten mengenvariablen Rohrnetz, umso kleiner wird die Ventilautorität P_v
- je kleiner die Ventilautorität P_v desto stärker wird die Deformation der Grundkennlinie
- ist die Ventilautorität $P_v = 1$, so entspricht die Betriebskennlinie der Grundkennlinie des Ventils

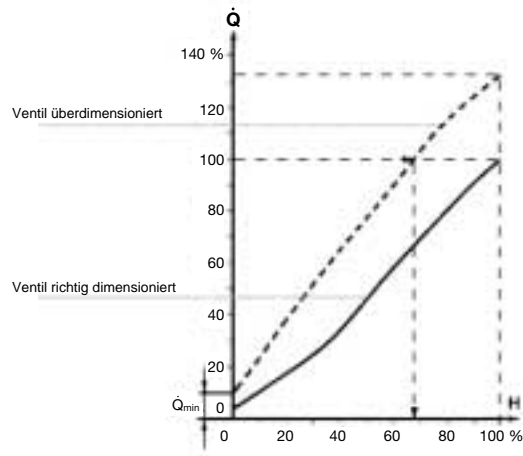


Wärmeübertrager-Kennlinie, Ventil-Betriebskennlinien und resultierende Streckenkennlinie(n)

Diese Grafik zeigt, welche Streckenkennlinie aus einer Wärmeübertrager-Kennlinie (a -Wert 0.3) in Kombination mit verschiedenen Ventil-Betriebskennlinien resultiert.

Im gezeigten Beispiel wird mit einer Ventilautorität $P_v = 0.8$ eine annähernd lineare Streckenkennlinie erreicht.

2.3.2 Überdimensionierung eines Ventils



Streckenkenlinie bei richtig dimensioniertem Ventil und bei zu grossem Ventil

Folgen der Überdimensionierung:

- Die minimal regelbare Leistung nimmt zu.
- Weil die Regelung den Hub entsprechend der erforderlichen Nennleistung begrenzt, wird der nutzbare Stellbereich des Ventils eingeschränkt.

Dies und die grössere minimal regelbare Leistung führt zu einer schlechteren Regelbarkeit der Anlage.

Vorteile eines richtig dimensionierten Ventils:

- kleinerer Mengensprung \dot{V}_{min} , d.h. kleinere minimal regelbare Leistung \dot{Q}_{min} .
- grössere Ventilautorität P_v
- Ventilhub wird von 0...100 % ausgenutzt
- wesentliche Verbesserung der Regelbarkeit

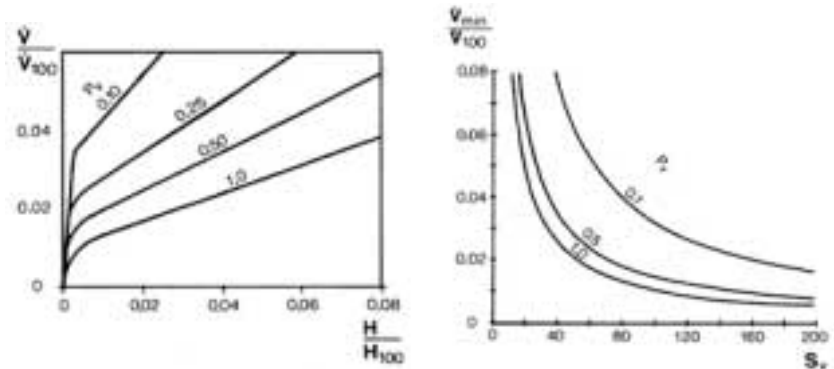
Folgen der Unterdimensionierung:

Wird ein Ventil unterdimensioniert, kann der geforderte Volumenstrom nicht fliessen oder es entsteht ein unnötig hoher Druckverlust im System (\Rightarrow stärkere Pumpe nötig).

2.3.3 Regeln im Schwachlastbereich

Mengensprung \dot{V}_{\min} .

= kleinster stetig regelbarer Volumendurchfluss durch ein Ventil



Mengensprung in Abhängigkeit der Ventilautorität P_v und vom Stellverhältnis S_v

Leistungssprung \dot{Q}_{\min} .

= kleinste stetig regelbare Leistung eines Verbrauchers (z.B. eines Heizkörpers)

Der Leistungssprung wird umso kleiner:

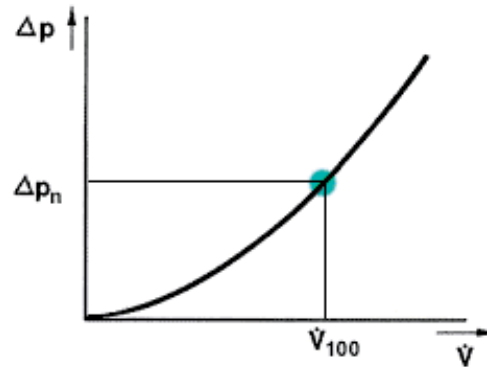
- je grösser das Stellverhältnis S_v des Ventils ist
- je grösser die Ventilautorität P_v ist
- je grösser der a-Wert des Wärmeübertragers (d.h. kleine Temperaturspreizungen zwischen Erzeuger- und Verbraucherkreis)

2.4 Netz- und Pumpenkennlinie

Netzkennlinie

Sie zeigt den Zusammenhang zwischen dem Volumenstrom und dem Druckverlust im Leitungsnetz der hydraulischen Schaltung:

$$\Delta p = \text{konst.} \cdot \dot{V}^2$$



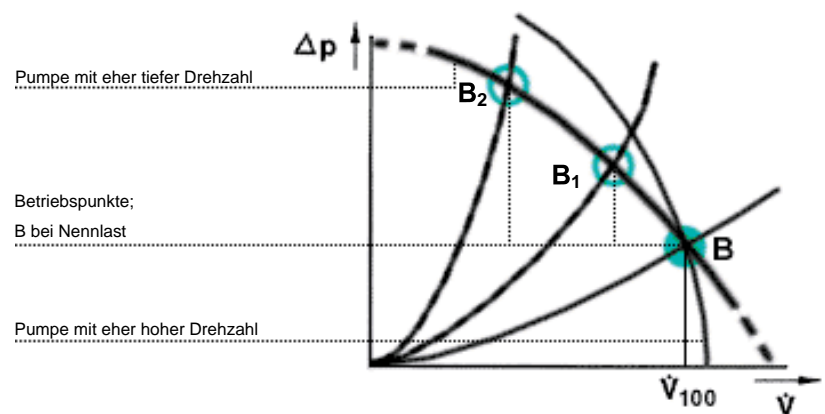
Netzkennlinie: Δp_n = Druckverlust im Leitungsnetz; \dot{V}_{100} Nennvolumenstrom

Pumpenkennlinie

Sie zeigt die Förderhöhe in Funktion des Förderstromes. Der Hersteller gibt sie jeweils in Diagrammform an.

Dabei entspricht:

- die Förderhöhe der Druckdifferenz, die zwischen Saug- und Druckseite der Pumpe entsteht
- der Förderstrom dem Volumenstrom (Volumen pro Zeiteinheit)



Pumpenkennlinien

Der Betriebspunkt wandert - dem Volumenstrom entsprechend - der Pumpenkennlinie entlang $B \Rightarrow B_1 \Rightarrow B_2$ (stetige Veränderung der Netzkennlinie).

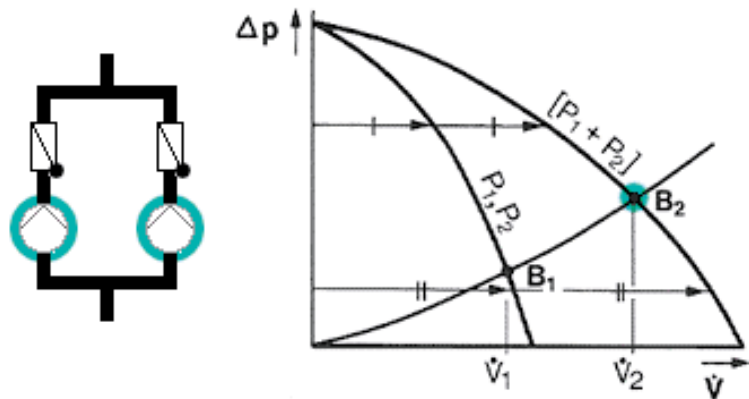
Diese Pumpenkennlinien zeigen:

Mit sinkendem Volumenstrom steigt der Pumpendruck an.

2.4.1 Parallelschaltung von Pumpen

Pumpen mit hoher Drehzahl weisen eine steile Pumpenkennlinie auf. Bei einer Veränderung des Volumenstromes verändert sich der Druck im Leitungsnetz stark. Diese Druckänderung wirkt sich auch auf die Verbraucher im Netz aus.

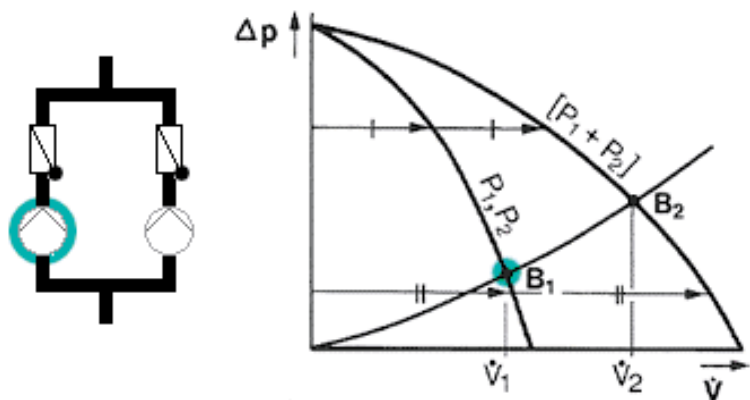
Durch Parallelschaltung zweier Pumpen kann dieser Effekt reduziert werden, da die resultierende Pumpenkennlinie (P_1 und P_2) flacher ist.



Parallelschaltung von Pumpen: B_2 Betriebspunkt mit zwei Pumpen (\dot{V}_2)

Die Parallelschaltung wird vor allem bei grösseren Anlagen mit variablem Volumenstrom eingesetzt.

Wird der Volumenstrom durch Ausschalten einer Pumpe verkleinert, so sinkt der Druckabfall im Rohrnetz.



Parallelschaltung von Pumpen: B_1 Betriebspunkt mit einer Pumpe (\dot{V}_1)

Die Anpassung an sich ändernde Betriebsverhältnisse wird heute auch durch elektronisch gesteuerte Pumpen erreicht.

3. Dimensionierung von Stellgliedern

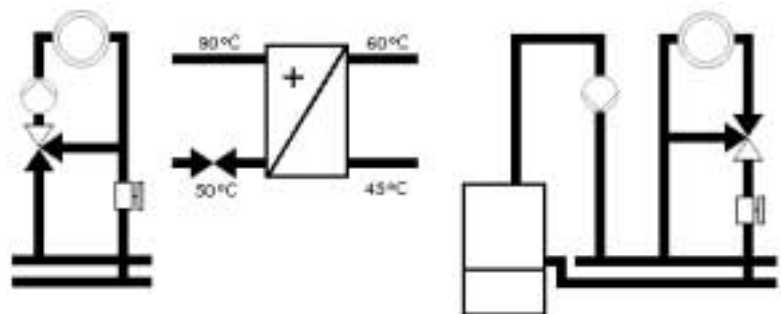
In den vorangegangenen Kapiteln haben Sie sehr viele Informationen über hydraulische Schaltungen und zu Stellgliedern und physikalischen Gegebenheiten in einer Anlage erhalten. In diesem Teil befassen wir uns nun eingehend mit den verschiedenen Aspekten der Dimensionierung von Stellgeräten.

Bevor Stellgeräte, d.h. Stellglieder und Stellantriebe dimensioniert und ausgewählt werden können, müssen verschiedene wichtige Informationen der Anlage vorhanden sein, wie:

- Prinzipschema der hydraulischen Schaltungen der Erzeuger- und Verbraucherseite
(in geographischer oder synoptischer Darstellung)
- Leistungen der Erzeuger- und Verbraucherseite mit zugehörigen Temperaturdifferenzen
- Bezeichnungen der Erzeuger und Verbraucher
z.B. Heizgruppe West, Fussbodenheizung Neubau, Luftherhitzer, ...
=> gibt oft Hinweise auf kritische Punkte in der Anlage

Weiter ist es wichtig zu wissen, ob es sich um alltägliche hydraulische Schaltungen resp. Regelkreise (z.B. Fussbodenheizung) handelt oder um spezielle hydraulische Schaltungen, die besondere Detailinformationen erforderlich machen, wie:

- Anfahrregelung einer Wärmepumpe
- Brauchwarmwasser-Ladung mit geregelter Ladetemperatur
- Fernheizungs-Unterstationen
- Anlagenteile mit hohen Netzdrücken
- usw.



Verschiedene hydr. Schaltungen, deren Eigenheiten bei der Dimensionierung berücksichtigt werden müssen

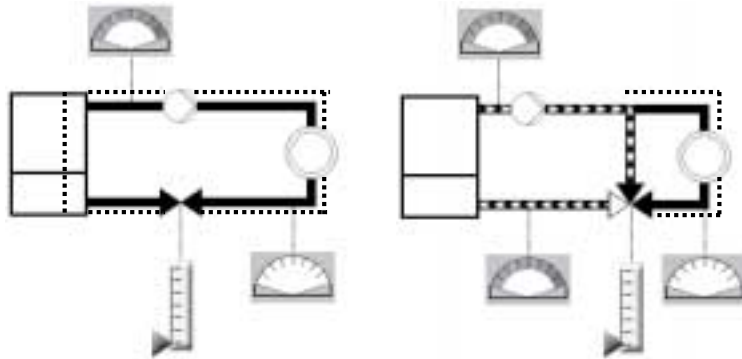
Ebenso ist es unumgänglich, dass die Druckverluste im variablen Rohrnetzteil und von einzelnen Komponenten in der hydraulischen Schaltung wie beispielsweise Luftherhitzer, Wärmezähler, usw. bekannt sind (vgl. 3.1).

Wenn alle diese Informationen vorliegen, kann das Stellglied schnell und sauber abgestimmt auf die Anlagenverhältnisse dimensioniert werden.

3.1 Leitungsteile mit variabler Wassermenge in verschiedenen hydraulischen Schaltungen

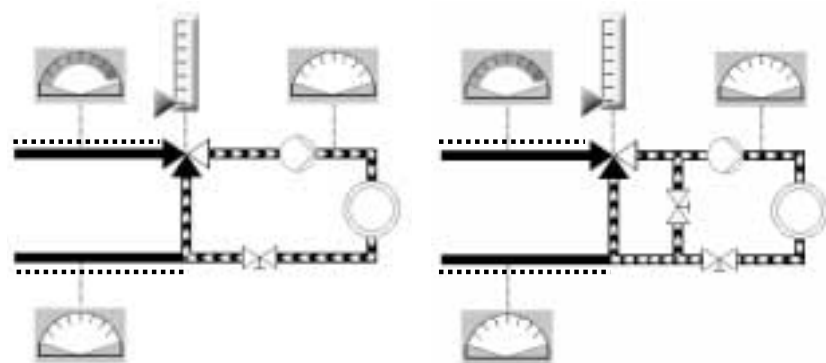
Für die Dimensionierung von Stellgliedern ist es sehr wichtig, Leitungsteile mit variabler Wassermenge (im Betrieb), korrekt zu identifizieren. Dies darum, weil der Druckverlust in diesen Leitungen (mit den eingebauten Komponenten) ein wichtiger Faktor für die Dimensionierung des Stellgliedes ist.

In Ergänzung zum Abschnitt 1.3 "Verbraucher Grundschaltungen" werden nachfolgend die mengenvariablen Teile einzelner hydraulischer Schaltungen gezeigt, welche für die Bestimmung des Druckverlustes massgebend sind. Die Leitungsteile mit variabler Wassermenge sind mit einer -Linie markiert:



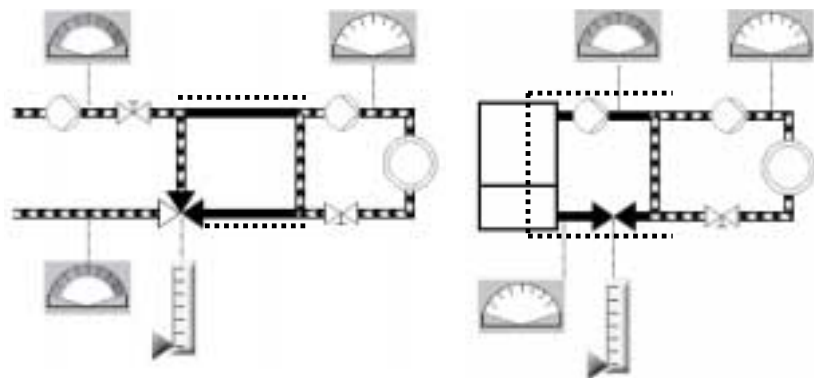
Drosselschaltung:
ganzes Leitungsnetz über Erzeuger und Verbraucher

Umlenkschaltung:
Leitung über Verbraucher



Beimischschaltung:
Leitungen vom / zum Verteiler

Beimischschaltung mit fester Vormischung
Leitungen vom / zum Verteiler

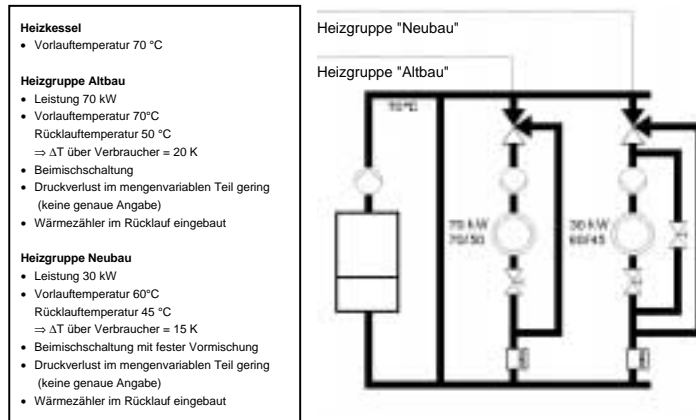


Einspritzschaltung mit Dreiwegventil

Einspritzschaltung mit Durchgangsventil

3.2 Beispiel zur Ventildimensionierung

Bei einer Besprechung mit dem Haustechnik-Planer haben Sie folgende Informationen zusammengetragen:



Anlagenbeispiel mit Heizgruppen "Altbau" und "Neubau"

3.2.1 Dimensionierung des Ventils (Stellglied) für die Heizgruppe "Altbau"

Die Dimensionierung eines Stellglieds erfolgt in den folgenden Schritten:

- Ermittlung des Volumenstromes aus Leistung und Temperaturdifferenz
- Bestimmung des massgebenden Druckverlustes im mengenvariablen Teil
- Bestimmung der gewünschten Ventilautorität P_v für Heizgruppe
- Bestimmung des k_{vs} -Wertes
- Auswahl von geeignetem Ventil und Antrieb

Diese Schritte werden nachfolgend am Beispiel der Heizgruppe "Altbau" besprochen.

Ermittlung des Volumenstromes

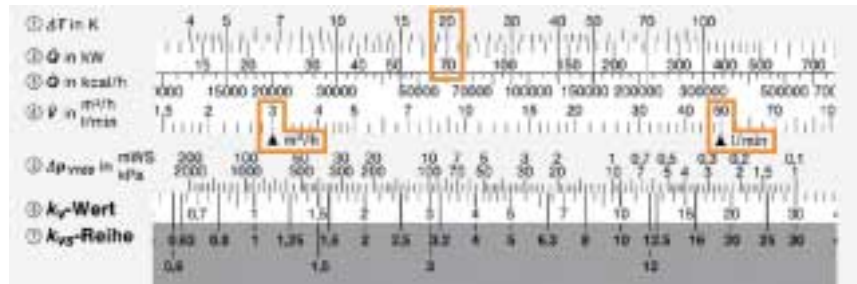
Der Volumenstrom bei Nennlast - d.h. bei voll geöffnetem Regelventil - kann aus der Leistungsformel

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot c \cdot \Delta T$$

berechnet werden, oder mit Hilfe eines Ventilschiebers bestimmt werden. Für dieses Beispiel wird der Ventilschieber von Siemens Landis & Staefa verwendet.

1. Schieben Sie die Zeile ②, mit dem Wert $\dot{Q} = 70 \text{ kW}$ unter den Wert von $\Delta T = 20 \text{ K}$ in Zeile ①
2. Nun können Sie in Zeile ④ den Volumenstrom \dot{V} ablesen:

$$\dot{V} = 3 \text{ m}^3/\text{h} \text{ oder } 50 \text{ l}/\text{min}$$



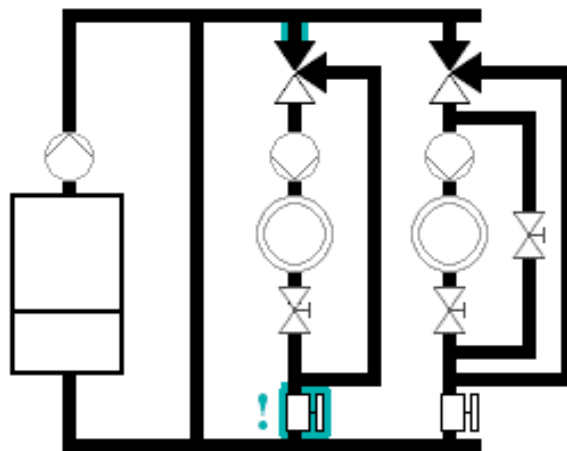
Bestimmung des Volumenstromes bei Nennlast (Stellglied 100 % offen) mit Ventilschieber (Ausschnitt)

Dieser Teil des Schiebers basiert also auf der Leistungsformel

$$(\dot{Q} = \dot{m} \cdot c \cdot \Delta T).$$

Massgebender Druckverluste im mengenvariablen Teil

1. Bestimmen Sie in der hydraulischen Schaltung, welche Leitungsteile im Betrieb mit variabler Wassermenge durchflossen werden.

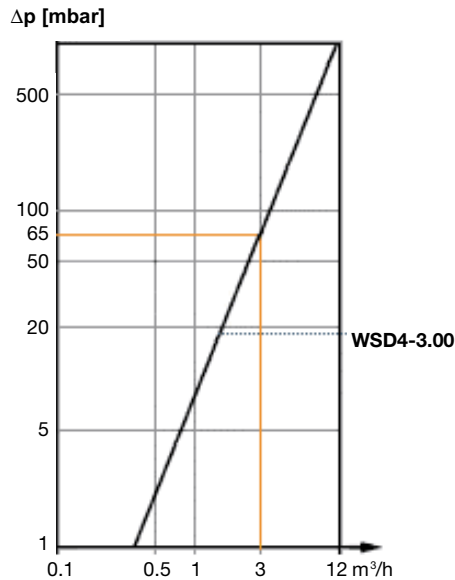


Leitungsteile mit variabler Wassermenge im Betrieb

2. Bestimmen Sie den Druckverlust in den Leitungsteilen, die mit variabler Wassermenge betrieben werden. Für dieses Beispiel nehmen wir an:
Druckverlust in mengenvariablen Leitungsteilen = 3 kPa.
3. Berücksichtigen Sie Armaturen wie z.B. Wärmezähler, ..., die in den Leitungsteilen mit variabler Wassermenge eingebaut sind.

Für dieses Beispiel ist ein Wärmezähler (3 m³/h) zu berücksichtigen. Aus den Herstellerunterlagen kann der Druckverlust herausgelesen werden:

$$\Delta p = 65 \text{ mbar} = 6.5 \text{ kPa}$$



Druckverlust Diagramm für einen Wärmezähler

- Summieren Sie alle Druckverluste der Leitungsteile mit variabler Wassermenge und der darin eingebauten Komponenten.

$$\Delta p_{\text{total}} = 3 \text{ kPa} + 6.5 \text{ kPa} = 9.5 \text{ kPa}$$

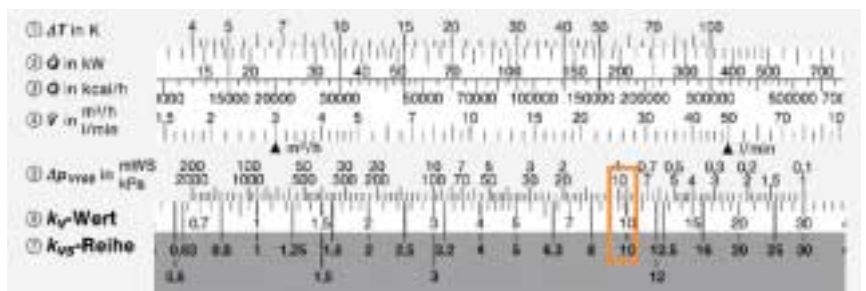
Gewünschte Ventilautorität P_V bestimmen

Nun gilt es die erforderliche Ventilautorität P_V für die Heizgruppe festzulegen. Für eine Heizgruppe in Beimischschaltung ist eine Ventilautorität von $P_V = 0.5$ sinnvoll.

$P_V = 0.5$ bedeutet, dass der Druckverlust über dem Ventil Δp_{V100} gleich gross ist, wie der Druckverlust in den Leitungsteilen mit variabler Wassermenge $\Rightarrow \Delta p_{V100} = 9.5 \text{ kPa}$.

k_{VS} -Wert bestimmen

- Lesen Sie den k_{VS} -Wert in Zeile ⑦ bei Δp_{V100} (Zeile ⑤) = 9.5 kPa ab.



Bestimmung des k_{VS} -Wertes basierend auf Δp_{V100} mit Ventilschieber (Ausschnitt)

Aus dem Ventilschieber bei Volumenstrom $3 \text{ m}^3/\text{h}$ (Zeile ④) und Δp_{V100} von 9.5 kPa (Zeile ⑤) ergibt sich ein k_{VS} -Wert von 10 , und damit ein effektives $\Delta p_{V100} = 9 \text{ kPa}$.

Überprüfen Sie kurz die daraus resultierende, effektive Ventilautorität P_{Veff} :

$$P_{Veff} = \Delta p_{V100} / \Delta p_{V0} = \Delta p_{V100} / (\Delta p_{V100} + \Delta p_D) = 9 \text{ kPa} / (9 + 9.5) \text{ kPa}$$

Resultierende Ventilautorität $P_{Veff} = 0.48$

Auswahl von geeignetem Ventil und Antrieb

- Bestimmen Sie nun mögliche Ventile, die einen k_{vs} -Wert von 10 haben.
Verschieben Sie dazu Zeile ⑧ (k_{vs} -Wert), bis der Wert "10" im eingerahmten Feld erscheint. Nun können Sie unterhalb mögliche Ventiltypen auslesen.

⑧ k_{vs} -Reihe		8		10	12
⑨ DN		25		25	
PN (Werkstoff)	Typenbezeichnung	Ventil-typ		max. Medien-temperatur	
16 (GGG)	M3P	ED		120°C	
	M3B	ED		120°C	
	VVG 41	25-10	ED	120°C	
	VXG 41	25-10	ED	120°C	
	VVG 44	25-10	ED	120°C	
	VXG 44	25-10	ED	120°C	
25 (GGG)	VVP 43	ED		110°C	
	VVF 52	25-10	ED	140°C (160°C)*	

* mit spez. Stopfbuchse ** Bemessung VVF 52: siehe Gewindefläche

Mögliche Ventile bei k_{vs} -Wert 10 m³/h (Ausschnitt aus Ventilschieber)

Für unser Beispiel können Sie ein Dreiwegventil "VXG41.25-10" oder ein Dreiwegventil "VXG44.25-10" wählen.

Als Antrieb können Sie einen Dreipunkt-Antrieb (z.B. SQX 32 oder SQS 35) einsetzen, da keine speziellen Anforderungen bestehen und diese Antriebe ein gutes Preis-/Leistungsverhältnis aufweisen. Entsprechende Ventil-/Antriebs-Kombinationen finden Sie auf dem Ventilschieber oder auch in technischen Unterlagen.

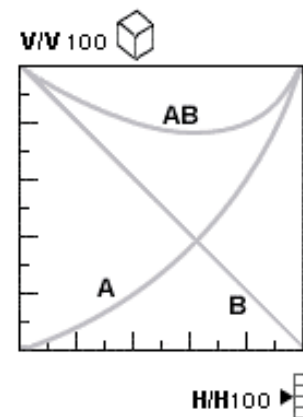
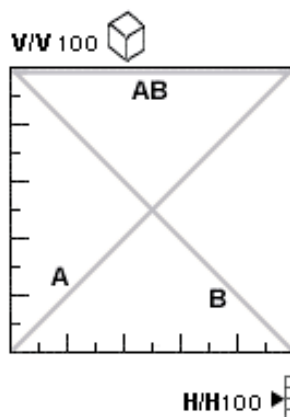
3.3 Spezielle Punkte bei der Dimensionierung von 3- und 2-Weg Ventilen

3.3.1 Gesamtvolumenstrom und Ventilautorität P_v bei 3-Weg-Ventilen

Der Gesamtvolumenstrom (AB) im Diagramm setzt sich zusammen aus dem Volumenstrom von Regeltor (Kennlinie A) und Bypassstor (Kennlinie B).

In der Praxis werden 2 Kennlinien-Kombinationen (Regeltor/Bypassstor) verwendet:

- gleichprozentig/linear
- linear/linear



Gesamtvolumenstrom (AB) bei Dreiwegventilen aus Regeltor (A) und Bypassstor (B)
links: linear / linear Kennlinien; rechts: gleichprozentig / lineare Kennlinien

Ziel der Dimensionierung

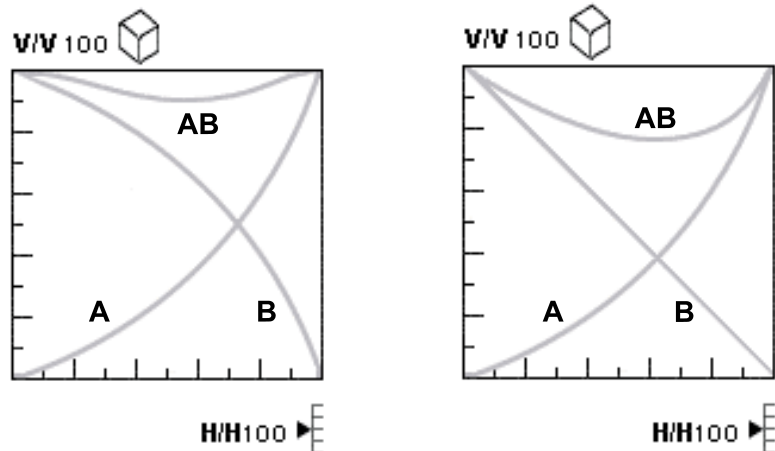
Ziel der Dimensionierung ist eine möglichst lineare Regelkennlinie. Dies bedingt auch einen möglichst konstanten Gesamtvolumenstrom AB über den gesamten Hubbereich. Der Gesamtvolumenstrom kann sich je nach der Kennlinien-Kombination und der Ventilautorität P_V wesentlich ändern. Deshalb sind für die Dimensionierung Gesamtvolumenstrom und Ventilautorität P_V (vgl. 2.3.1) entscheidend.

Kennlinien-Kombination linear/linear

Hier ist eine möglichst hohe Ventilautorität anzustreben (P_V etwa 0.9). Daraus ergibt sich über den ganzen Hubbereich ein annähernd konstanter Gesamtvolumenstrom (vgl. Bild oben rechts).

Kennlinien-Kombination gleichprozentig/linear

In der Grafik unten links ist eine Ventilautorität P_V von etwa 0.5 gewählt. Daraus ergibt sich über den ganzen Hubbereich ein annähernd konstanter Gesamtvolumenstrom, und damit eine relativ lineare Streckenkennlinie bei mittleren a -Werten von 0.4 .. 0.5. Die Grafik unten rechts zeigt ein Beispiel mit einem grossem P_V -Wert von etwa 0.9. Dabei sinkt der Gesamtvolumenstrom im mittleren Hubbereich stark ab. Bei P_V -Werten unter 0.4 nimmt der Gesamtvolumenstrom stark zu.



Abhängigkeit des Gesamtvolumenstroms von der Ventilautorität bei gleichprozentig / lineare Kennlinien
links: $P_V = 0.5$; rechts: $P_V = 0.9$

3.3.2 Druckverhältnisse bei der Dimensionierung von 2-Weg-Ventilen

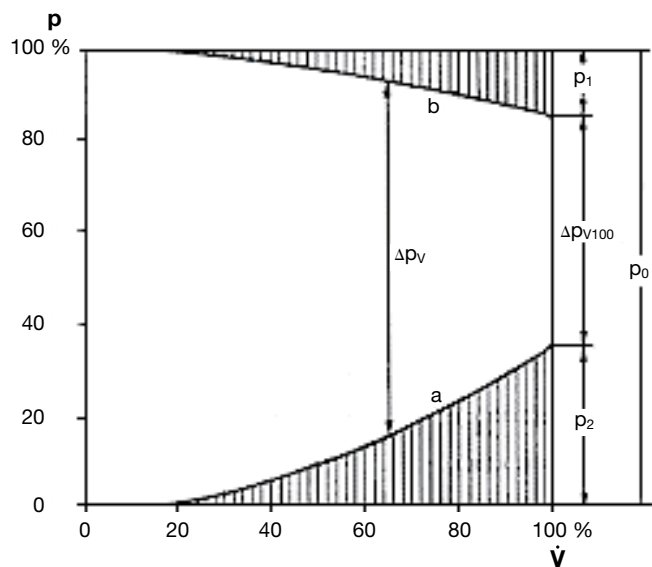
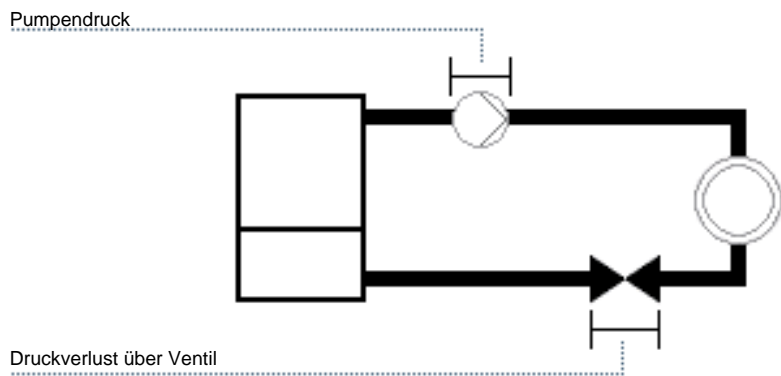
Man geht von der Druckdifferenz Δp_D aus, die über der mengenvariablen Strecke abgebaut wird. Davon müssen über dem voll geöffneten Regelventil 50% abgebaut werden, um eine Ventilautorität P_V von 0.5 zu erreichen.

Einfache Anwendungen

Für kleinere Heizungsanlagen mit relativ niedrigem Druckverlust Δp_D im beeinflussten, variablen Rohrnetzteil genügt es, eine Ventilautorität P_V von etwa 0.5 zu wählen, d.h. der Druckabfall Δp_{V100} über dem Ventil muss etwa gleich gross sein wie Δp_D .

Anspruchsvollere Anwendungen

Bei Lüftungs- und Klimaanlage, sowie in komplexeren Heizungsanlagen ist es besonders wichtig, den Druckverlust Δp_D im beeinflussten, variablen Rohrnetzteil zu kennen, um den entsprechenden Druckabfall Δp_{V100} über dem Ventil bei voller Öffnung zu berechnen und auf diesem Weg die erforderliche Ventilautorität P_V sicherzustellen.



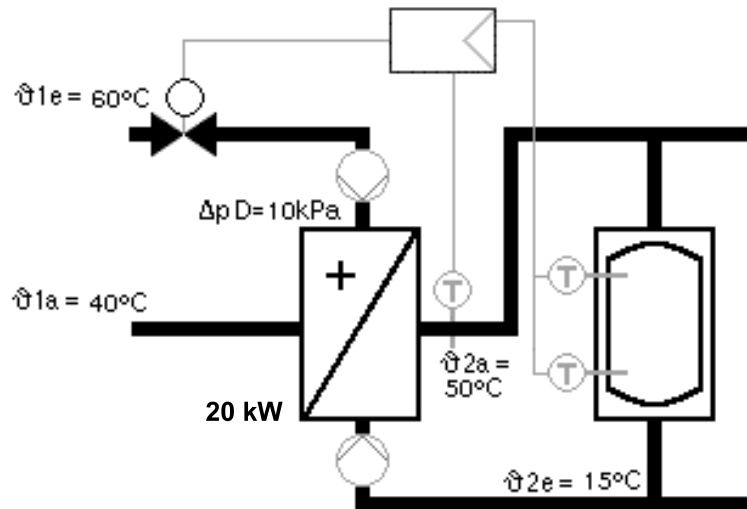
Druckverlust über Durchgangsventil

- a Rohrnetz-Kennlinie
- b Pumpenkennlinie
- P Druck
- V Volumenstrom
- p_0 Max. Pumpendruck
- p_1 Druckverlust der Pumpe
- p_2 Druckverlust im Rohrnetz
- Δp_{V100} Druckverlust über dem Ventil

3.4 Beispiel Brauchwarmwasser-Laderegung

Das Regelventil für diese Brauchwarmwasser-Laderegung soll so ausgelegt werden, dass eine möglichst lineare Regelkennlinie resultiert.

Die notwendigen Angaben wie Leistung, Temperaturdifferenzen primär- und sekundärseitig, sowie der massgebende Druckverlust sind im Prinzipschema (Bild unten) eingetragen



Prinzipschema Brauchwarmwasser-Laderegung

a-Wert berechnen

Damit eine Ventilkennlinien-Grundform gewählt und die erforderliche Ventilautorität P_v bestimmt werden kann, muss zuerst der a-Wert des Wärmeübertragers ermittelt werden.

Der a-Wert ist abhängig von den Temperaturen auf beiden Seiten des Wärmeübertragers und von dessen Bau- und Betriebsart, welche mit dem Faktor "f" berücksichtigt wird (vgl. auch Berechnungsformeln für a-Wert im Anhang).

Berechnung des a-Wertes:

$$a = f \cdot \frac{(\vartheta_{1e} - \vartheta_{1a})}{(\vartheta_{1e} - \vartheta_{2a})}$$

Der verwendete Wärmeübertrager wird im Gegenstrom betrieben

$$\Rightarrow f = 1$$

$$\Rightarrow a = 1 \cdot \frac{(60 - 40)\text{K}}{(60 - 50)\text{K}} = 2$$

Der berechnete a-Wert von 2 wird nun verwendet, um mit Hilfe von Diagrammen die Ventilkennlinien-Grundform und die erforderliche Ventilautorität grafisch festzulegen.

Zuerst werden im Diagramm mit den Wärmeübertrager-Kennlinien (für verschiedene a-Werte) die korrespondierenden Werte für \dot{Q}/\dot{Q}_{100} und \dot{V}/\dot{V}_{100} ermittelt.

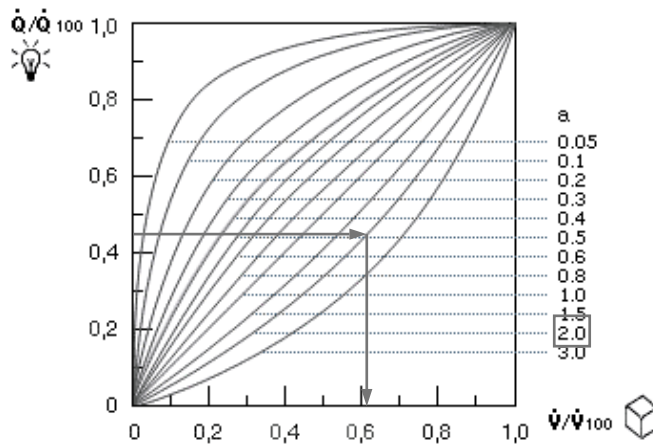


Diagramm mit Wärmeübertrager-Kennlinien (für verschiedene a-Werte)

Für ein Leistungsverhältnis von beispielsweise $\dot{Q}/\dot{Q}_{100} = 0,45$ ergibt sich bei einem a-Wert = 2 ein Volumenstrom-Verhältnis $\dot{V}/\dot{V}_{100} = 0,62$.

Ventil mit linearer Kennlinie

Um die Wärmeübertrager-Kennlinie zu kompensieren und eine möglichst lineare Regelkennlinie zu erhalten, wird ein Ventil mit einer linearen Grundkennlinie ausgewählt.

Notwendige Ventilautorität P_v

Gesucht wird die Ventilautorität P_v . Um sie ablesen zu können, müssen Sie nun im Diagramm mit den Ventil-Betriebskennlinien mit dem zuvor ermittelten Wert den Schnittpunkt mit dem Hubverhältnis bestimmen (entspricht gewünschtem linearem Verhalten).

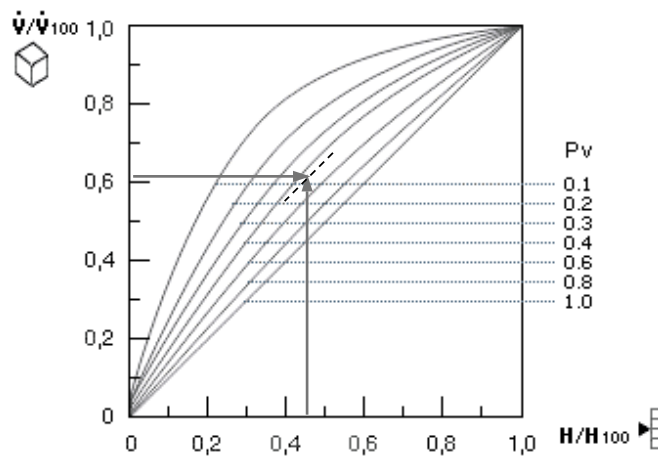


Diagramm mit Ventilautoritäten P_v (lineare Ventil Grundkennlinie)

Für diese Brauchwarmwasser-Regelung ergibt sich eine Ventilautorität von $P_v \approx 0,45$.

k_{VS} -Wert berechnen

Damit sind nun alle Grunddaten vorhanden, um die für die Ventildimensionierung wichtigen Kenngrößen Δp_{V100} und den benötigten k_{VS} -Wert des Ventils zu berechnen:

$$\Delta p_{V100} = P_V \cdot \Delta p_D / (1 - P_V) = 0.45 \cdot 10 \text{ kPa} / (1 - 0.45)$$

$$\Delta p_{V100} = 8.2 \text{ kPa}$$

$$\dot{V}_{100} = \dot{Q}_{100} \cdot 0.86 / (\vartheta_{1e} - \vartheta_{1a}) = 20 \text{ kW} \cdot 0.86 / 20 \text{ K}$$

$$\dot{V}_{100} = 0.86 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$k_{VS} = \dot{V}_{100} \sqrt{\Delta p_D / \Delta p_{V100}} = 0.86 \cdot \sqrt{100 / 8.2}$$

$$k_{VS} = 3.0 \text{ m}^3/\text{h}$$

Aus dem Ventilschieber wird ersichtlich, dass es kein Ventil mit Gewindeanschluss in dieser Baureihe gibt, das diesen berechneten k_{VS} -Wert aufweist.

Es stehen Ventile mit einem k_{VS} -Wert von 2.5 oder 4 zur Auswahl:

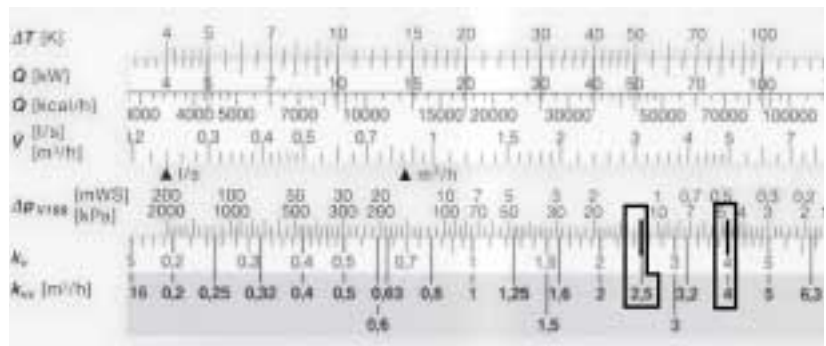
- Variante 1: Ventil WG41.15-4 mit k_{VS} -Wert = 4.0
- Variante 2: Ventil WG41.15-2.5 mit k_{VS} -Wert = 2.5

The image shows two technical tables from a valve catalog. The left table is for a valve with a nominal diameter of 15/22 and a pressure rating of 2.5. The right table is for a valve with a nominal diameter of 15/22 and a pressure rating of 4. Both tables list various valve models (e.g., WG41, WG44, WVP43, WVP52) and their specifications, including connection type, type designation, valve type, and maximum medium temperature.

Mögliche Ventile mit k_{VS} -Wert = 2.5 oder k_{VS} -Wert = 4 (Ausschnitte aus Ventilschieber)

Effektive Ventilautorität überprüfen

Wird der Ventilschieber auf den Nenn-Volumenstrom eingestellt, so kann für die beiden Varianten der resultierende Druckverlust Δp_{V100} abgelesen werden und daraus die effektive Ventilautorität P_V berechnet werden.



Druckverlust Δp_{V100} bei $k_{VS} = 2.5$ resp. 4 mit Ventilschieber (Ausschnitt) ermitteln

Variante 1:

$$k_{VS}\text{-Wert} = 4.0 \quad \Rightarrow \quad \Delta p_{V100} = 4.7 \text{ kPa}$$

$$\text{Ventilautorität } P_{Veff} = \Delta p_{V100} / (\Delta p_{V100} + \Delta p_D)$$

$$\text{Ventilautorität } P_{Veff} = 4.7 / (4.7 + 10) = \mathbf{0.32}$$

Variante 2:

$$k_{VS}\text{-Wert} = 2.5 \quad \Rightarrow \quad \Delta p_{V100} = 11.7 \text{ kPa}$$

$$\text{Ventilautorität } P_{Veff} = \Delta p_{V100} / (\Delta p_{V100} + \Delta p_D)$$

$$\text{Ventilautorität } P_{Veff} = 11.7 / (11.7 + 10) = \mathbf{0.54}$$

Mit diesen Ventilautoritäten P_{Veff} können die resultierenden Volumenstromverhaltnisse aus dem untenstehenden Diagramm ermittelt und mit der Vorgabe verglichen werden.

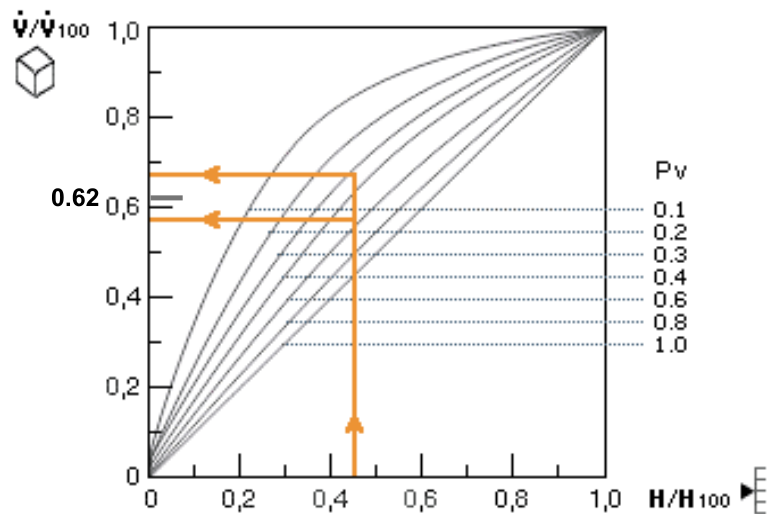


Diagramm Ventil-Betriebskennlinien mit resultierenden Ventilautoritäten P_V für $k_{VS} = 2.5$ resp. 4

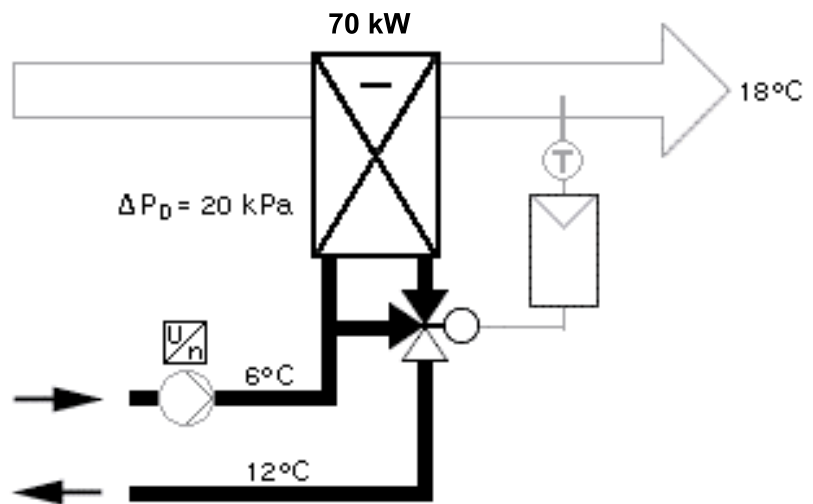
Die Abweichung zum früher ermittelten $\dot{V}/\dot{V}_{100} = 0.62$ ist bei beiden Varianten $\approx 5\%$.

Ventil definitiv auswählen

- Variante 1 weist den kleineren Druckabfall auf:
- \Rightarrow Ventil VVG41.15 mit k_{VS} -Wert = 4.0 einsetzen
- \Rightarrow annähernd lineare Regelkennlinie

3.5 Beispiel Luftkühler-Regelung

Bei diesem Beispiel eines luftseitig geregelten Luftkühlers soll wiederum mit der Auswahl eines geeigneten Ventils eine möglichst lineare Regelkennlinie erreicht werden.



Prinzipschema Luftkühler-Regelung

a-Wert berechnen

Um den a-Wert zu berechnen, muss zuerst klar sein, mit welcher hydraulischen Schaltung dieser Luftkühler angeschlossen ist. Dies, weil der Faktor "f" vom Typ der hydraulischen Schaltung abhängig ist. In diesem Fall handelt es sich um eine Umlenkschaltung, die es ermöglicht, den Luftkühler immer mit der gleichen tiefen Kühlwasser-Vorlauftemperatur zu speisen.

Für einen Luftkühler, der mit Umlenkschaltung (Durchflussregelung) angeschlossen wird, ist der Faktor $f = 0.6$ in die Berechnung des a-Wertes einzusetzen (vgl. Anhang).

Berechnung des a-Wertes:

$$a = 0.6 \cdot \frac{(\vartheta_{1e} - \vartheta_{1a})}{(\vartheta_{1e} - \vartheta_{2a})} = 0.6 \cdot \frac{(6 - 12)K}{(6 - 18)K} = 0.3$$

Die Ermittlung von Ventilkennlinien-Grundform und Ventilautorität P_v erfolgt in der gleichen Art, wie sie im Beispiel der Brauchwarmwasser-Laderegulation im Detail erklärt wurde.

Wir wählen wiederum einen Wert im mittleren Steilheitsbereich der Wärmeübertrager-Kennlinie $a = 0.3$, z.B. $\dot{Q}/\dot{Q} = 0.6$.

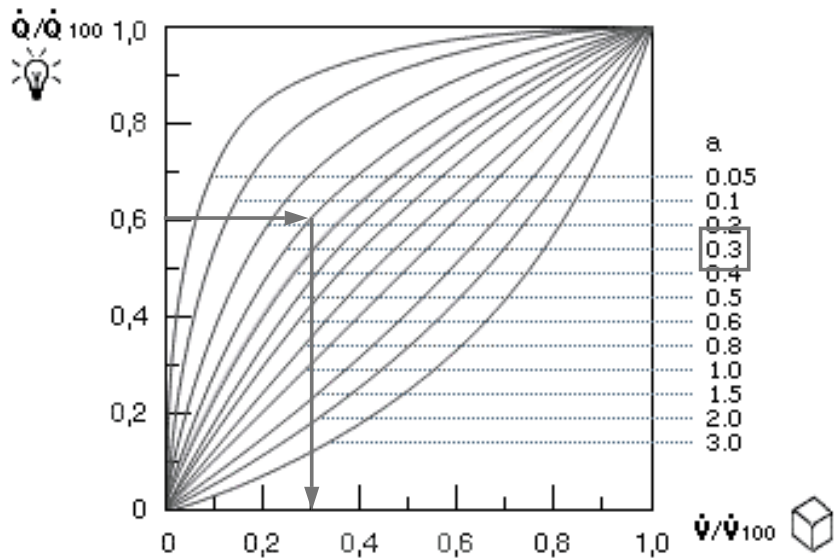


Diagramm mit Wärmeübertrager-Kennlinien (für verschiedene a-Werte)

Für den Luftkühler ergibt sich für ein Leistungsverhältnis von z.B. $\dot{Q}/\dot{Q}_{100} = 0,6$ und einem a-Wert = 0,3 ein Volumenstrom-Verhältnis von $\dot{V}/\dot{V}_{100} = 0,32$.

Ventil mit gleichprozentiger Kennlinie

Um diese stark nichtlineare Wärmeübertrager-Kennlinie zu kompensieren und eine möglichst lineare Regelkennlinie zu erhalten, wird ein Ventil mit einer gleichprozentigen Grundkennlinie ausgewählt.

Notwendige Ventilautorität P_v

Bestimmen Sie nun im Diagramm mit den Ventil- Betriebskennlinien die optimale Ventilautorität P_v . Sie wird am Schnittpunkt mit dem Hubverhältnis ermittelt (entspricht gewünschtem linearem Verhalten).

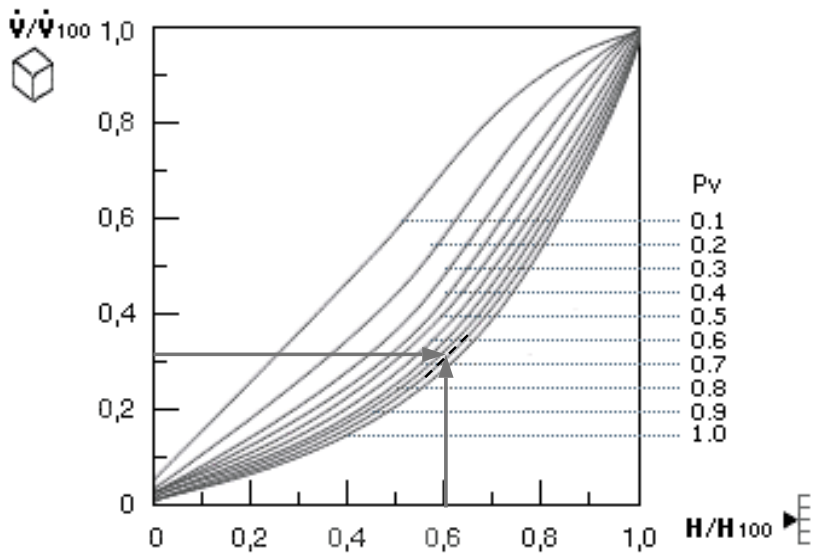


Diagramm mit Ventilautoritäten P_v (gleichprozentige Ventil Grundkennlinie)

Für diese Luftkühler-Regelung ergibt sich somit eine Ventilautorität von $P_v \approx 0,9$.

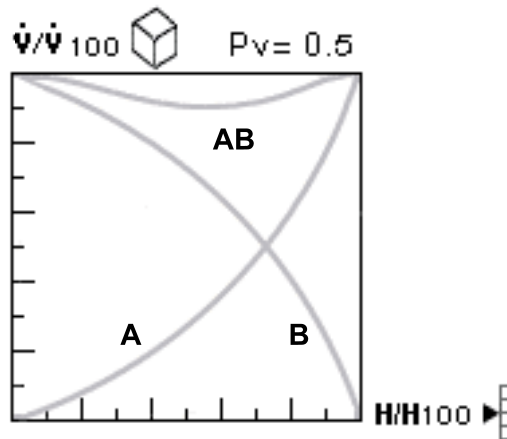
k_{vs} -Wert berechnen

Damit sind nun alle Grunddaten vorhanden, um die, für die Ventildimensionierung wichtigen Kenngrößen Δp_{V100} , \dot{V}_{100} und den gewünschten k_{vs} -Wert des Ventils zu berechnen:

$$\Delta p_{V100} = P_V \cdot \Delta p_D / (1 - P_V) = 0.9 \cdot 20 \text{ kPa} / (1 - 0.9)$$

$\Delta p_{V100} = 180 \text{ kPa} \Rightarrow$ dieser Wert ist zu hoch!
(im Verhältnis zu $\Delta p_D = 20 \text{ kPa}$)

Aus der vorgängigen Theorie ist bekannt, dass bei Dreiwegventilen eine Ventilautorität $P_V \approx 0.5$ gewählt werden soll, weil damit über den ganzen Hubbereich ein ziemlich konstanter Gesamtvolumenstrom (aus Regel- und Bypassstor) erreicht werden kann.



Gesamtvolumenstrom (AB) eines Dreiwegventils mit Ventilautorität $P_V = 0.5$

Δp_{V100} , \dot{V}_{100} und der theoretische k_{vs} -Wert können nun wie zuvor berechnet werden:

$$\Delta p_{V100} = P_V \cdot \Delta p_D / (1 - P_V) = 0.5 \cdot 20 \text{ kPa} / (1 - 0.5)$$

$$\Delta p_{V100} = 20 \text{ kPa}$$

$$\dot{V}_{100} = \dot{Q}_{100} \cdot 0.86 / (\vartheta_{1e} - \vartheta_{1a}) = 70 \text{ kW} \cdot 0.86 / 6 \text{ K}$$

$$\dot{V}_{100} = 10.0 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$k_{vs} = \dot{V}_{100} \cdot \sqrt{\Delta p_D / \Delta p_{V100}} = 10.0 \cdot \sqrt{100/20}$$

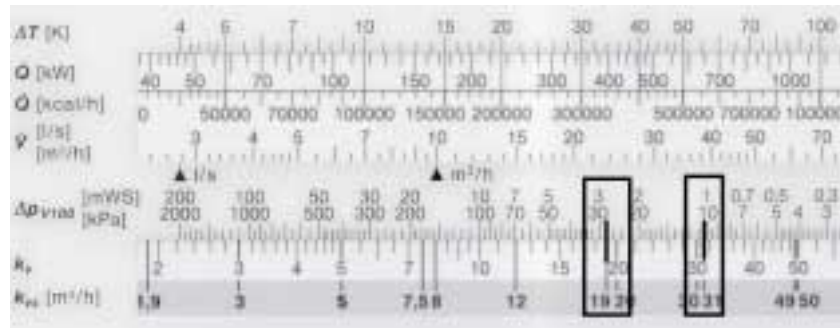
$$k_{vs} = 22.4 \text{ m}^3/\text{h}$$

Aus dem Ventilschieber wird ersichtlich, dass entweder ein Ventil mit einem k_{vs} -Wert von 19 (\Rightarrow VXF21.40) oder mit k_{vs} -Wert 31 (\Rightarrow VXF21.50) zur Auswahl steht.

k_{vs} -Reihe		12	19	28
DN		40	50	
RN	Typenbezeichnung	Ventil- typ	max. Medien- temperatur	
8	VXF 21	40-18	D=1	120°C
8	VXF 21	40-18	D=2	120°C
16	VXF 41	40-18	D=1	120°C
16	VXF 41	40-18	D=2	120°C
16	VXF 41	40-18	D=3	120°C
16	VXF 41	40-18	D=4	120°C
16	VXF 41	40-18	D=5	120°C
16	VXF 41	40-18	D=6	120°C
16	VXF 41	40-18	D=7	120°C
16	VXF 41	40-18	D=8	120°C
16	VXF 41	40-18	D=9	120°C
16	VXF 41	40-18	D=10	120°C
16	VXF 41	40-18	D=11	120°C
16	VXF 41	40-18	D=12	120°C
16	VXF 41	40-18	D=13	120°C
16	VXF 41	40-18	D=14	120°C
16	VXF 41	40-18	D=15	120°C
16	VXF 41	40-18	D=16	120°C
16	VXF 41	40-18	D=17	120°C
16	VXF 41	40-18	D=18	120°C
16	VXF 41	40-18	D=19	120°C
16	VXF 41	40-18	D=20	120°C
16	VXF 41	40-18	D=21	120°C
16	VXF 41	40-18	D=22	120°C
16	VXF 41	40-18	D=23	120°C
16	VXF 41	40-18	D=24	120°C
16	VXF 41	40-18	D=25	120°C
16	VXF 41	40-18	D=26	120°C
16	VXF 41	40-18	D=27	120°C
16	VXF 41	40-18	D=28	120°C
16	VXF 41	40-18	D=29	120°C
16	VXF 41	40-18	D=30	120°C
16	VXF 41	40-18	D=31	120°C
16	VXF 41	40-18	D=32	120°C
16	VXF 41	40-18	D=33	120°C
16	VXF 41	40-18	D=34	120°C
16	VXF 41	40-18	D=35	120°C
16	VXF 41	40-18	D=36	120°C
16	VXF 41	40-18	D=37	120°C
16	VXF 41	40-18	D=38	120°C
16	VXF 41	40-18	D=39	120°C
16	VXF 41	40-18	D=40	120°C
16	VXF 41	40-18	D=41	120°C
16	VXF 41	40-18	D=42	120°C
16	VXF 41	40-18	D=43	120°C
16	VXF 41	40-18	D=44	120°C
16	VXF 41	40-18	D=45	120°C
16	VXF 41	40-18	D=46	120°C
16	VXF 41	40-18	D=47	120°C
16	VXF 41	40-18	D=48	120°C
16	VXF 41	40-18	D=49	120°C
16	VXF 41	40-18	D=50	120°C
16	VXF 41	40-18	D=51	120°C
16	VXF 41	40-18	D=52	120°C
16	VXF 41	40-18	D=53	120°C
16	VXF 41	40-18	D=54	120°C
16	VXF 41	40-18	D=55	120°C
16	VXF 41	40-18	D=56	120°C
16	VXF 41	40-18	D=57	120°C
16	VXF 41	40-18	D=58	120°C
16	VXF 41	40-18	D=59	120°C
16	VXF 41	40-18	D=60	120°C
16	VXF 41	40-18	D=61	120°C
16	VXF 41	40-18	D=62	120°C
16	VXF 41	40-18	D=63	120°C
16	VXF 41	40-18	D=64	120°C
16	VXF 41	40-18	D=65	120°C
16	VXF 41	40-18	D=66	120°C
16	VXF 41	40-18	D=67	120°C
16	VXF 41	40-18	D=68	120°C
16	VXF 41	40-18	D=69	120°C
16	VXF 41	40-18	D=70	120°C
16	VXF 41	40-18	D=71	120°C
16	VXF 41	40-18	D=72	120°C
16	VXF 41	40-18	D=73	120°C
16	VXF 41	40-18	D=74	120°C
16	VXF 41	40-18	D=75	120°C
16	VXF 41	40-18	D=76	120°C
16	VXF 41	40-18	D=77	120°C
16	VXF 41	40-18	D=78	120°C
16	VXF 41	40-18	D=79	120°C
16	VXF 41	40-18	D=80	120°C
16	VXF 41	40-18	D=81	120°C
16	VXF 41	40-18	D=82	120°C
16	VXF 41	40-18	D=83	120°C
16	VXF 41	40-18	D=84	120°C
16	VXF 41	40-18	D=85	120°C
16	VXF 41	40-18	D=86	120°C
16	VXF 41	40-18	D=87	120°C
16	VXF 41	40-18	D=88	120°C
16	VXF 41	40-18	D=89	120°C
16	VXF 41	40-18	D=90	120°C
16	VXF 41	40-18	D=91	120°C
16	VXF 41	40-18	D=92	120°C
16	VXF 41	40-18	D=93	120°C
16	VXF 41	40-18	D=94	120°C
16	VXF 41	40-18	D=95	120°C
16	VXF 41	40-18	D=96	120°C
16	VXF 41	40-18	D=97	120°C
16	VXF 41	40-18	D=98	120°C
16	VXF 41	40-18	D=99	120°C
16	VXF 41	40-18	D=100	120°C

k_{vs} -Reihe		30	41	48
DN		50	65	
RN	Typenbezeichnung	Ventil- typ	max. Medien- temperatur	
8	VXF 21	50-21	D=1	120°C
8	VXF 21	50-21	D=2	120°C
16	VXF 41	50-21	D=1	120°C
16	VXF 41	50-21	D=2	120°C
16	VXF 41	50-21	D=3	120°C
16	VXF 41	50-21	D=4	120°C
16	VXF 41	50-21	D=5	120°C
16	VXF 41	50-21	D=6	120°C
16	VXF 41	50-21	D=7	120°C
16	VXF 41	50-21	D=8	120°C
16	VXF 41	50-21	D=9	120°C
16	VXF 41	50-21	D=10	120°C
16	VXF 41	50-21	D=11	120°C
16	VXF 41	50-21	D=12	120°C
16	VXF 41	50-21	D=13	120°C
16	VXF 41	50-21	D=14	120°C
16	VXF 41	50-21	D=15	120°C
16	VXF 41	50-21	D=16	120°C
16	VXF 41	50-21	D=17	120°C
16	VXF 41	50-21	D=18	120°C
16	VXF 41	50-21	D=19	120°C
16	VXF 41	50-21	D=20	120°C
16	VXF 41	50-21	D=21	120°C
16	VXF 41	50-21	D=22	120°C
16	VXF 41	50-21	D=23	120°C
16	VXF 41	50-21	D=24	120°C
16	VXF 41	50-21	D=25	120°C
16	VXF 41	50-21	D=26	120°C
16	VXF 41	50-21	D=27	120°C
16	VXF 41	50-21	D=28	120°C
16	VXF 41	50-21	D=29	120°C
16	VXF 41	50-21	D=30	120°C
16	VXF 41	50-21	D=31	120°C
16	VXF 41	50-21	D=32	120°C
16	VXF 41	50-21	D=33	120°C
16	VXF 41	50-21	D=34	120°C
16	VXF 41	50-21	D=35	120°C
16	VXF 41	50-21	D=36	120°C
16	VXF 41	50-21	D=37	120°C
16	VXF 41	50-21	D=38	120°C
16	VXF 41	50-21	D=39	120°C
16	VXF 41	50-21	D=40	120°C
16	VXF 41	50-21	D=41	120°C
16	VXF 41	50-21	D=42	120°C
16	VXF 41	50-21	D=43	120°C
16	VXF 41	50-21	D=44	120°C
16	VXF 41	50-21	D=45	120°C
16	VXF 41	50-21	D=46	120°C
16	VXF 41	50-21	D=47	120°C
16	VXF 41	50-21	D=48	120°C
16	VXF 41	50-21	D=49	120°C
16	VXF 41	50-21	D=50	120°C
16	VXF 41	50-21	D=51	120°C
16	VXF 41	50-21	D=52	120°C
16	VXF 41	50-21	D=53	120°C
16	VXF 41	50-21	D=54	120°C
16	VXF 41	50-21	D=55	120°C
16	VXF 41	50-21	D=56	120°C
16	VXF 41	50-21	D=57	120°C
16	VXF 41	50-21	D=58	120°C
16	VXF 41	50-21	D=59	120°C
16	VXF 41	50-21	D=60	120°C
16	VXF 41	50-21	D=61	120°C
16	VXF 41	50-21	D=62	120°C
16	VXF 41	50-21	D=63	120°C
16	VXF 41	50-21	D=64	120°C
16	VXF 41	50-21	D=65	120°C
16	VXF 41	50-21	D=66	120°C
16	VXF 41	50-21	D=67	120°C
16	VXF 41	50-21	D=68	120°C
16	VXF 41	50-21	D=69	120°C
16	VXF 41	50-21	D=70	120°C
16	VXF 41	50-21	D=71	120°C
16	VXF 41	50-21	D=72	120°C
16	VXF 41	50-21	D=73	120°C
16	VXF 41	50-21	D=74	120°C
16	VXF 41	50-21	D=75	120°C
16	VXF 41	50-21	D=76	120°C
16	VXF 41	50-21	D=77	120°C
16	VXF 41	50-21	D=78	120°C
16	VXF 41	50-21	D=79	120°C
16	VXF 41	50-21	D=80	120°C
16	VXF 41	50-21	D=81	120°C
16	VXF 41	50-21	D=82	120°C
16	VXF 41	50-21	D=83	120°C
16	VXF 41	50-21	D=84	120°C
16	VXF 41	50-21	D=85	120°C
16	VXF 41	50-21	D=86	120°C
16	VXF 41	50-21	D=87	120°C
16	VXF 41	50-21	D=88	120°C
16	VXF 41	50-21	D=89	120°C
16	VXF 41	50-21	D=90	120°C
16				

Wird der Ventilschieber auf den Nenn-Volumenstrom $V_{100} = 10.0 \text{ m}^3/\text{h}$ eingestellt, so kann für die beiden Varianten der resultierende Druckverlust Δp_{V100} abgelesen und daraus die effektive Ventilautorität P_{Veff} berechnet werden:



Druckverlust Δp_{V100} bei $k_{VS} = 19$ resp. 31 mit Ventilschieber (Ausschnitt) ermitteln

Variante 1:

k_{VS} -Wert = 19 $\Rightarrow \Delta p_{V100} = 28 \text{ kPa}$

Ventilautorität $P_{\text{Veff}} = \Delta p_{V100} / (\Delta p_{V100} + \Delta p_D)$

Ventilautorität $P_{\text{Veff}} = 28 / (28 + 20) = 0.58$

Variante 2:

k_{VS} -Wert = 31 $\Rightarrow \Delta p_{V100} = 10.5 \text{ kPa}$

Ventilautorität $P_{\text{Veff}} = \Delta p_{V100} / (\Delta p_{V100} + \Delta p_D)$

Ventilautorität $P_{\text{Veff}} = 10.5 / (10.5 + 20) = 0.34$

Die Abweichung zum früher ermittelten Wert von $\dot{V}/\dot{V}_{100} = 32 \%$ kann aus dem Diagramm Ventil-Betriebskennlinien ermittelt werden und ergibt:

- bei k_{VS} -Wert 19 ($P_{\text{Veff}} = 0.58$) $\approx 5\%$
- bei k_{VS} -Wert 31 ($P_{\text{Veff}} = 0.34$) $\approx 15\%$

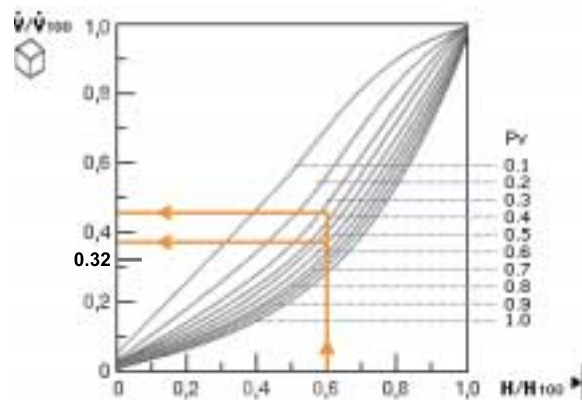


Diagramm Ventil-Betriebskennlinien mit resultierenden Ventilautoritäten P_V für $k_{VS} = 19$ resp. 31

Ventil definitiv auswählen

Variante 1 weist die bessere Linearität auf und ist kostengünstiger, bewirkt aber einen etwas höheren Druckverlust, was im vorliegenden Beispiel jedoch vertretbar ist.

⇒ Ventil VXF21.40 mit k_{vs} -Wert = 19 einsetzen.

Berechnung des a-Wertes

Definition des a-Wertes:

- Allgemein:

$$a = f \cdot \frac{(\vartheta_{1e} - \vartheta_{1a100})}{(\vartheta_{1e} - \vartheta_{1a0})}$$

- Praktisch anwendbar (bei annähernd Nulllast):

$$a = f \cdot \frac{\Delta T_{\text{primär bei Vollast}}}{\Delta T_{\text{primär bei } \dot{V}_0 = \dot{V}_{\text{min}} > 0}}$$

Formeln zur Berechnung des a-Wertes:

(wählen Sie die Formel gemäss Ihrer Anwendung)

- für Radiatoren:

a gemäss Herstellerangaben verwenden (Bereich ca. 0.5 ... 0.65)

- für Mischregelung, Wasser \Rightarrow Wasser (f=1):

ϑ_{2a} **nicht geregelt**, ϑ_{2e} **konstant**: ϑ_{2a} **geregelt**:

$$a = \frac{(\vartheta_{1e} - \vartheta_{1a100})}{(\vartheta_{1e} - \vartheta_{2e})} \qquad a = \frac{(\vartheta_{1e} - \vartheta_{1a100})}{(\vartheta_{1e} - \vartheta_{2a})}$$

- Vorlauftemperaturregelung (z.B. Beimischschaltung) a = 1

- für Mischregelung, Wasser \Rightarrow Luft (f=1):

Luftaustritttemperatur geregelt: **Raumtemperatur geregelt**:

$$a = \frac{(\vartheta_{1e} - \vartheta_{1a100})}{(\vartheta_{1e} - \vartheta_{2a})} \qquad a = \frac{(\vartheta_{1e} - \vartheta_{1a100})}{(\vartheta_{1e} - \vartheta_{2e})}$$

- für Durchflussregelung, Wasser \Rightarrow Wasser (f: Gleichstrom = 2; Gegenstrom = 1):

ϑ_{2a} **nicht geregelt**, ϑ_{2e} **konstant**: ϑ_{2a} **geregelt**:

$$a = f \cdot \frac{(\vartheta_{1e} - \vartheta_{1a100})}{(\vartheta_{1e} - \vartheta_{2e})} \qquad a = f \cdot \frac{(\vartheta_{1e} - \vartheta_{1a100})}{(\vartheta_{1e} - \vartheta_{2a})}$$

- für Durchflussregelung, Wasser \Rightarrow Luft (f=0.6):

Luftaustritttemperatur geregelt: **Raumtemperatur geregelt**:

$$a = 0.6 \cdot \frac{(\vartheta_{1e} - \vartheta_{1a100})}{(\vartheta_{1e} - \vartheta_{2a})} \qquad a = 0.6 \cdot \frac{(\vartheta_{1e} - \vartheta_{1a100})}{(\vartheta_{1e} - \vartheta_{2e})}$$

Legende der verwendeten Formelzeichen:

\dot{V}_0	minimaler primärseitig einstellbarer Volumenstrom $\dot{V}_{\text{min}} > 0$.
ϑ_{1e}	Primäre Eintrittstemperatur vor dem Stellglied
ϑ_{1a100}	Primäre Austrittstemperatur bei \dot{V}_{100}
ϑ_{1a0}	Primäre Austrittstemperatur bei \dot{V}_0
ϑ_{2e}	Sekundäre Eintrittstemperatur
ϑ_{2a}	Sekundäre Austrittstemperatur
f	Konstruktionsbedingter Korrekturfaktor des Wärmeübertragers (Wert: siehe auch Lexikon im CBT)

Stichwortverzeichnis		
	Abgleichdrossel	17
	a-Wert	26, 45
	Beimischschaltung	12
	- mit fester Vormischung	13
	Darstellung hydraulischer Kreise	6
	- geografische Darstellung	6
	- synoptische Darstellung	7
	- Verteiler	24
	Dimensionierung von Stellgliedern	37
	- 2-Weg-Ventile	44
	- 3-Weg-Ventile	42
	- Beispiel allgemein	39
	- Brauchwarmwasser-Laderegulation	5
	- Ermittlung des Volumenstromes	39
	- massgebender Druckverlust	40
	Dreiwegventil	16
	- Gesamtvolumenstrom und Ventilautorität P_v	42
	Drosselschaltung	10
	Durchflussregelung	9
	Durchgangsventil	16
	- Druckverhältnisse	44
	Einspritzschaltung	14
	- mit Dreiwegventil	14
	- mit Durchgangsventil	15
	geographische Darstellung	6
	- Beimischschaltung	12
	- Drosselschaltung	10
	- Einspritzschaltung	14
	- Umlenkschaltung	11
	hydraulischer Abgleich	17
	k_v -Werte	27
	- k_{vs} -Wert	27, 47
	- k_v -Wert	27
	Massenstrom	9
	mengenkonstante Kreise	9
	mengenvariable Kreise	9
	mengenvariable Leitungsteile	38
	Mischregelung	9
	Netzkennlinie	35
	Pumpenkennlinie	35
	Regelkennlinie	29, 45, 46, 48, 50
	Schematische Darstellung	6
	Stellantrieb	16
	Stellgerät	16
	- Stellantrieb	16
	- Stellglied	16
	Stellverhältnis S_v	28
	Streckenkenlinie	29
	synoptische Darstellung	7
	Temperaturdifferenz	9
	Umlenkschaltung	11
	Umwälzpumpe	18
	- Parallelschaltung	36
	Ventilautorität P_v	31, 41, 42, 46
	- Auswirkung auf Ventil-Grundkennlinie	31
	Ventil-Grund-Kennlinie	
	- Auswirkung Ventilautorität P_v	31
	Ventil-Kennlinien	27, 28
	- gleichprozentig	28

-	gleichprozentig/linear	28
-	linear	28
Verteiler		19
-	mit Hauptpumpe (druckbehaftet)	21, 22
-	mit Hauptpumpe (drucklos)	23
-	ohne Hauptpumpe	20
Wärmeübertrager-Kennlinie		25

Quellenangabe Der Inhalt dieser Broschüre ist ein Auszug aus dem Trainingmodul «B04HV-de – Hydraulik in der Gebäudetechnik» erstellt bei:

Siemens Building Technologies
Building Automation
Sales and Application Training
Gubelstrasse 22
CH-6301 Zug



Weitere technische Broschüren

ASN-No.	Titel
0-91899-de 0-91899-en	Das h, x-Diagramm The psychrometric chart
0-91900-de 0-91900-en	Gebäudeautomation – Begriffe, Abkürzungen und Definitionen Building automation
0-91910-de 0-91910-en	Messtechnik Measuring technology
0-91911-de 0-91911-en	Regeln und Steuern von Heizungsanlagen Control of heating plants
0-91912-de 0-91912-en	Regeln und Steuern von Lüftungs-/Klimaanlagen Control of ventilation and air conditioning plants
0-91913-de 0-91913-en	Regeltechnik Control technology
0-91914-de 0-91914-en	Kältetechnik Refrigeration technology
0-91915-de 0-91915-en	Wärmerückgewinnung im Kältekreislauf Heat recovery in the refrigeration
0-91916-de 0-91916-en	Einführung in die HLK- und Gebäudetechnik Introduction to building technology
0-91917-de 0-91917-en	Hydraulik in der Gebäudetechnik Hydraulics in building systems
0-91918-de 0-91918-en	Stetige Leistungsregelung im Kältekreislauf Modulating capacity control in the refrigeration cycle

Siemens Schweiz AG
Building Technologies Group
International Headquarters
Gubelstraße 22
CH-6301 Zug
Tel. +41 41 724 24 24
Fax +41 41 724 35 22

Siemens Building Technologies
GmbH & Co. oHG
Friesstraße 20
DE-60388 Frankfurt/Main
Tel. +49 69 797 81 00 0
Fax +49 69 797 81 59 0

Siemens Schweiz AG
Building Technologies
Sennweidstraße 47
CH-6312 Steinhausen
Tel. +41 585 579 200
Fax +41 585 579 230

Neue Firmierung ab dem 1.10.2009:

Siemens AG
Industry Sector
Building Technologies Division
Friesstraße 20
60388 Frankfurt/Main

Kundenbetreuungs-Center Tel. +49 800 100 76 39
www.siemens.de/buildingtechnologies
E-Mail: info.de.sbt@siemens.com

Siemens AG Österreich
Building Technologies
Breitenfurter Straße 148
AT-1231 Wien
Tel. +43 517 073 2383
Fax +43 517 073 2323

Siemens SA
Building Technologies
20, rue des Peupliers
LU-2328 Luxembourg/Hamm
Tél. +352 43 843 900
Fax +352 43 843 901

Die Informationen in diesem Dokument enthalten allgemeine Beschreibungen der technischen Möglichkeiten, die im Einzelfall nicht immer vorliegen müssen. Die gewünschten Leistungsmerkmale sind daher im Einzelfall bei Vertragsschluss festzulegen.

Änderungen vorbehalten • Bestell-Nr. 0-91917-de •
© Siemens Schweiz AG • Gedruckt in der Schweiz • 10705 Ni/Ah