



DIE HYDRAULISCHE EINREGULIERUNG VON REGELKREISEN

*Ein Handbuch für die richtige hydraulischer Einregulierung der
23 gebräuchlichsten Regelkreise in Heizung- und Klimaanlage*



Casselden Place, Melbourne, Australia

Die hydraulische Einregulierung von Regelkreisen ist das erste Handbuch einer Serie von Publikationen, die Tour & Andersson für HLK-Planer erstellt hat. Handbuch 2 befaßt sich mit der Einregulierung von Verteilsystemen. Handbuch 3 behandelt die Einregulierung von Heizkörpersystemen und Handbuch 4 die Stabilisierung des Differenzdruckes.

Beachten Sie bitte, daß dieses Handbuch für die internationale Verwendung konzipiert wurde. Da die Sprache und die Bedeutung einiger Worte von Land zu Land unterschiedlich sind, kann es auch vorkommen, daß einige Ausdrücke und Symbole nicht diejenigen sind, die Sie gewohnt sind. Wir hoffen trotzdem, daß dies kein Problem für Sie darstellt.

Autor: Robert Petitjean, M.E. (Maschinenbau), Direktor der Systemtechnologie Tour & Andersson AB.

Produktion: Tour & Andersson AB, Technische Dokumentation
- zweite Ausgabe -

Copyright 1999 bei Tour & Andersson AB, Ljung, Schweden

Alle Rechte vorbehalten. Dieses Buch oder Teile davon dürfen ohne schriftliche Genehmigung von Tour & Andersson AB nicht kopiert oder vervielfältigt werden. Gedruckt in Schweden. November 1999

Inhalt

1. Warum Einregulierung?	4
2. Die benötigten Hilfsmittel	6
3. Regelkreise mit Zweiweg(Durchgangs)ventilen	8
3.1 Variable Primär- und Sekundärdurchflußmenge	8-14
3.2 Variable Primär- und konstante Sekundärdurchflußmenge	15-19
3.3 Konstante Primär- und variable Sekundärdurchflußmenge	20-21
3.4 Konstante Primär- und Sekundärdurchflußmenge	22
4. Regelkreise mit Dreiwegventilen	23
4.1 Variable Primär- und konstante Sekundärdurchflußmenge	23-26
4.2 Variable Primär- und Sekundärdurchflußmenge	27
4.3 Konstante Primär- und Sekundärdurchflußmenge	28-29
4.4 Konstante Primär- und variable Sekundärdurchflußmenge	30
5. Vergleich verschiedener Regelkreise	32
5.1 Druckbehaftetes Primärnetz	33-36
5.2 Druckloses Primärnetz	37
ANHANG	
A. Autorität der Zweiweg(Durchgangs)ventile	38
A.1 Theoretische Bestimmung der Ventilautorität	38-39
A.2 Praxisgerechte Bestimmung der Ventilautorität b'	40-41
A.3 Dimensionierung von Regelventilen	42-45
B. Autorität der Dreiwegventile	46
B.1 Als Mischventil	46-47
B.2 Als Verteilventil	48-49
C. Einsatz von Bypassventilen zur Sicherstellung von Minstdurchflußmengen für Umwälzpumpen	50
D. Begriffsbestimmungen	51-52

1. Warum Einregulierung?

Viele Hausbesitzer verlieren ein Vermögen aufgrund von Problemen mit dem Raumklima. Dies ist unter anderem ein Grund dafür, daß gerade in neuen Häusern die modernste Regeltechnik eingesetzt wird. Das Problem selbst ist umfassend:

- Manche Räume erreichen praktisch nie, oder zumindest nicht nach Lastwechseln, die Auslegungstemperatur.
- Raumtemperaturen pendeln insbesondere im Bereich kleinerer und mittlerer Lasten, und zwar auch dann, wenn die Wärmeverbraucher mit sehr guten Reglern ausgestattet sind.
- Auch wenn die Nennleistung der Wärmeerzeuger ausreichend ist, steht die benötigte Energiemenge an den Wärmeverbrauchern, speziell nach der Umschaltung von Nacht- auf Tagbetrieb nicht zur Verfügung.

Diese Probleme werden häufig durch falsche Durchflußmengen, die die Funktion der Regelkreise beeinträchtigen, verursacht. Die Regler können nur dann effizient regeln, wenn die Nenndurchflußmengen unter allen Betriebsbedingungen in allen Anlagenteilen zur Verfügung stehen.

Die einzige Möglichkeit dies zu erreichen, ist die komplette Einregulierung einer Anlage. Einregulierung heißt, die Durchflußmengen mit Hilfe von Strangreguliertventilen genau abzugleichen. Dies muß in drei Schritten erfolgen:

1. Die Energieerzeuger müssen einreguliert werden, um sicherzustellen, daß jeder Heizkessel oder jede Kältemaschine seinen/ihren Nenn- durchfluß erhält. Darüberhinaus muß meist die Durchflußmenge in jedem Wärmeerzeuger konstant gehalten werden. Schwankungen verringern die Effizienz der Wärmeerzeuger, verkürzen deren Lebensdauer und erschweren ein gutes Regelergebnis erheblich.

2. Das Verteilungssystem muß einreguliert werden, um sicherzustellen, daß an allen Wärmeverbrauchern unter allen Betriebsbedingungen die Nenndurchflußmengen verfügbar sind.

3. Die Regelkreise müssen einreguliert werden, um sicherzustellen, daß an jedem einzelnen Regelventil die richtigen Arbeitsbedingungen gegeben sind, und daß Primär- und Sekundärdurchfluß, und damit Energiemengen übereinstimmen.

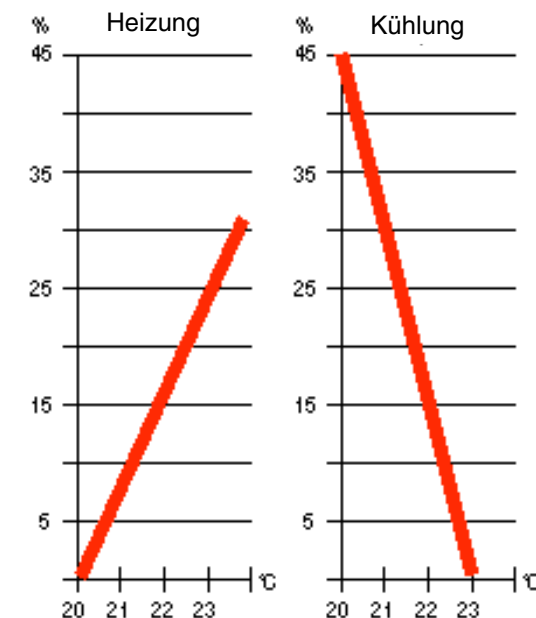
Dieses Handbuch befaßt sich mit der Einregulierung von Regelkreisen. Es informiert über die Einregulierung von 23 besonders häufig vorkommenden Regelkreisen mit Zweiweg- und Dreiwegventilen.

Fordern Sie bei TA auch das Handbuch Nr. 2 für die Einregulierung von Verteilungssystemen an.

Handbuch 3 befaßt sich mit der Einregulierung von Heizkörpersystemen, während Handbuch 4 die Stabilisierung des Differenzdruckes behandelt.

1. Warum Einregulierung?

Prozentualer Anstieg der Energiekosten für jedes Grad C zuviel oder zuwenig, bezogen auf die durchschnittliche Gebäudetemperatur.



Warum ist die Durchschnittstemperatur in einem nicht einregulierten Haus höher? Während der kalten Jahreszeit ist es zu warm in der Nähe der Heizzentrale und zu kühl in den weit entfernten Anlagenteilen. In der Praxis wird deshalb die Vorlauftemperatur in einem solchen Gebäude erhöht. Damit hören die Beschwerden in den weit entfernten, zu kalten Stockwerken auf, und die Bewohner in der Nähe der Heizzentrale öffnen die Fenster. Während der heißen Jahreszeit ist es umgekehrt. Jetzt ist es zu kalt in der Nähe der Kältemaschinen und zu warm in den weiter entfernten Stockwerken. Ein Grad mehr oder weniger in einem einzelnen Raum verursacht praktisch keinen Unterschied in Bezug auf Behaglichkeit oder Energiekosten. Wenn aber die Durchschnittstemperatur im ganzen Gebäude falsch ist, wird dies teuer.

Jedes Grad über 20°C erhöht die Heizkosten um bis zu 8% in Mitteleuropa (12% in Südeuropa). Jedes Grad unter 23°C erhöht die Kühlkosten um durchschnittlich 15% in ganz Europa.

2. Die benötigten Hilfsmittel

Drei Dinge werden benötigt:

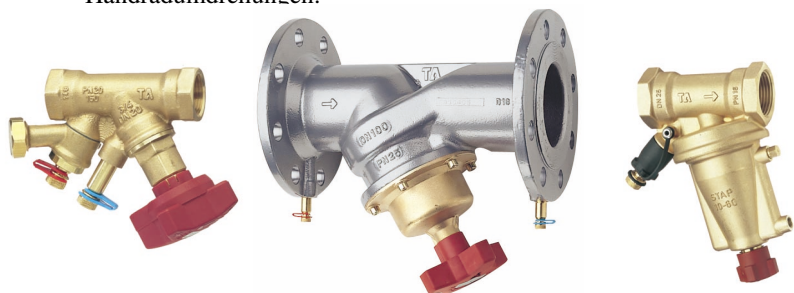
Strangreguliertventile,
ein Durchflußmengenmeßgerät
und die Einregulierungsmethode.

Einregulierungs- oder Strangreguliertventile.

Es gibt große Unterschiede zwischen verschiedenen Ausführungen von Strangreguliertventilen. Mit anderen Worten, es gibt auch große Unterschiede in der Genauigkeit der Regelergebnisse, in der Energiekosteneinsparung und nicht zuletzt in Zeit-, Kosten- und Arbeitsaufwand bei der Durchführung einer einwandfreien Einregulierung.

Dies sind die herausragenden Eigenschaften der TA Strangreguliertventile:

- Die Durchflußgenauigkeit ist besser als +/- 5% über den gesamten Einstellbereich.
- Alle Größen bis 50mm haben vier volle Umdrehungen von offen nach geschlossen, große Nennweiten haben zwischen acht und sechzehn volle Handradumdrehungen.



STAD

Einreguliertventile
15-50 mm

STAF

Einreguliertventile
20-300 mm

STAP

Differenzdruckregler
15-50 mm

- Die Ventile gibt es mit Innengewinde, mit Flanschen, mit Schweiß- oder Lötenden, mit Außengewinde und mit Kompressionsverschraubungen.
- Alle Größen bis 50mm sind aus AMETAL, der einzigen Sonderlegierung, die den härtesten Anforderungen der Welt im Hinblick auf Korrosions- und Entzinkungsbeständigkeit entspricht.

2. Die benötigten Hilfsmittel

Differenzdruckregler

Einstellbarer Sollwert: 10-60 kPa und 20-80 kPa.

Um den Differenzdruck über ein Regelventil oder einen Verbraucherkreis zu stabilisieren.

Durchflußmeßgerät

Messen ist notwendig, um wirklich zu wissen, daß die Nenndurchflußmenge erreicht wird. Ebenso ist es wichtig, die Differenzdrücke in allen Teilen der Anlage zu kennen. Zusätzlich ist dieses Meßgerät ein gutes Werkzeug, um Störungen der Anlage zu beheben und das System zu analysieren.

Der Meßcomputer CBI^{II} von TA Hydronics hat alle erforderlichen Eigenschaften, um alle Anforderungen zu erfüllen, z.B.

- Messen, Speichern und Ausdrucken des Differenzdrucks der Durchflußmenge und Temperaturen an STAD-, STAF-, STAP/STAM- und anderen Ventilen von TA Hydronics. Vorprogrammiert, um die Voreinstellung von Einreguliertventilen zu berechnen. Zusätzlich sind die TA-Methode und die TA-Balance-Methode Teil des Meßgerätes.
- Datenkommunikation zum und vom PC.
- Durchflußkorrektur bei der Verwendung von Frostschutzmitteln.
- Große Speicherkapazität. Das Gerät kann die Meßwerte von 1000 Ventilen oder bis zu 24.000 Meßwerte bei Langzeitmessungen speichern.
- Das Grafikdisplay erlaubt eine Klartextkommunikation. Zusätzlich ist es möglich, im Klartext Bezeichnungen für Anlagen und Ventile einzugeben.



Proportionales Überströmventil. In Systemen mit variabler Durchflußmenge kann ein TA-BPV-Ventil verwendet werden, um drei Grundfunktionen zu erreichen:

- Sicherstellung einer Mindestdurchflußmenge, um die Pumpe zu schützen.
- Reduzierung des Temperaturabfalls in den Rohren.
- Begrenzung des Differenzdrucks für die Verbraucherkreise.

Das BPV-Ventil hat eine Absperrfunktion und einen Einstellbereich von 10 – 60 kPa.

15 – 32 mm (1/2“ – 1 1/4“)



3. Regelkreise mit Zweiweg(Durchgangs) ventilen

3.1 Variable Primär- und Sekundärdurchflußmenge

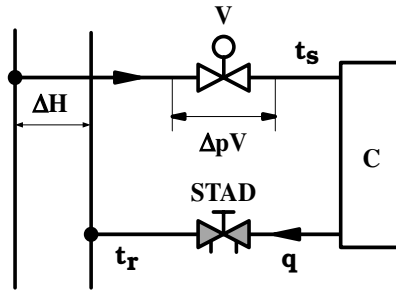


Abb. 1. Regelung eines Wärmeverbrauchers mit variabler Durchflußmenge.

Die Leistungsabgabe des Wärmeverbrauchers in der Abb. 1 wird mittels Veränderung der Durchflußmenge geregelt.

Die Ventilautorität $\beta' = \Delta pV / \Delta H$.

Der Begriff "Autorität" wird im Anhang A und B erläutert.

Das Durchgangsregelventil wird gewählt, um voll geöffnet bei Nenndurchfluß einen Druckverlust $\Delta pV = \Delta H - \Delta pC - 3 \text{ (kPa)}$ zu erzeugen.

Darüber hinaus muß dieser Wert ΔpV größer $0,2 \times \Delta H_{\text{max}}$ sein.

Einregulierung für Abb. 1

1. Alle Regelventile öffnen.
2. Nenndurchfluß mit Hilfe STAD einregulieren. Dies muß als Teil der gesamten Einregulierung für das Primärsystem erfolgen (siehe TA Einregulierungshandbuch Nr. 2).

3. Regelkreise mit Zweiweg(Durchgangs) ventilen

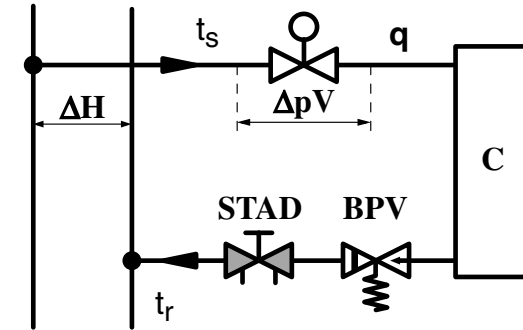


Abb. 2. Ein proportionales Überströmventil regelt einen konstanten Differenzdruck unabhängig von der Durchflußmenge.

In Fällen eines überdimensionierten Regelventiles, z.B. hervorgerufen durch die vorgegebenen Abstufungen der K_v -Werte, kann der Primärdifferenzdruck indirekt mit Hilfe eines BPV Überströmventils reduziert werden. Das BPV sorgt für einen konstanten Druckverlust unabhängig von der Durchflußmenge.

Die Autorität des Regelventils $\beta' = \Delta pC / (\Delta H - \Delta pBPV)$.

Einregulierung für Abb. 2

1. Alle Regelventile und BPVs (kleinster Voreinstellwert) öffnen.
2. Nenndurchfluß mit Hilfe STAD einregulieren. Diesen Vorgang als Teil der Einregulierung des gesamten Primärsystems (siehe TA Einregulierungshandbuch Nr. 2) und vor Schritt 3 durchführen.
3. Herausfinden, welche Handradstellung beim STAD einem Druckverlust von 3 kPa bei der Nenndurchflußmenge entspricht. CBI oder ein TA Nomogramm zur Wahl der richtigen Einstellung verwenden.
4. STAD entsprechend einstellen. Die Durchflußmenge über STAD müßte jetzt größer sein als die Nenndurchflußmenge.
5. Das BPV-Ventil solange verstellen bis die Nenndurchflußmenge am STAD wieder abgelesen werden kann. STAD wird in diesem Fall zur exakten Durchflußmessung der BPV-Einstellungen verwendet.

3. Regelkreise mit Zweiweg(Durchgangs) ventilen

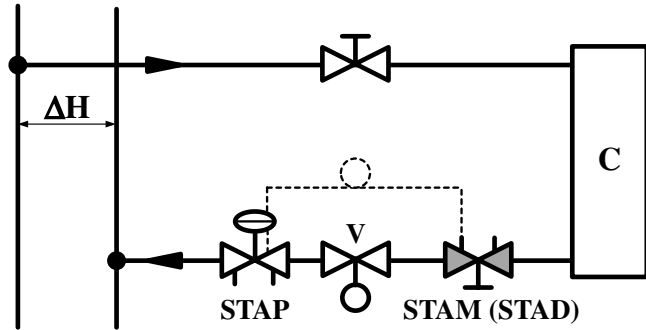


Abb. 3. Ein Differenzdruckregler hält den Druck über ein Regelventil konstant.

Abhängig von der Konzeption der Anlage kann sich der für einige Verbraucherkreise zur Verfügung stehende Differenzdruck sehr stark mit der Last ändern. Um in diesem Fall die richtige Charakteristik des Regelventils aufrecht zu erhalten, kann der Differenzdruck über das Regelventil praktisch mit einem Differenzdruckregler konstant gehalten werden (siehe Abb. 3).

Der Differenzdruck über das Regelventil „V“ wird auf der einen Seite gemessen, indem man die Impulsleitung vor dem Regelventil am Meßventil STAM montiert. Der Druck auf der anderen Seite wird direkt auf die Arbeitsmembrane durch die interne Verbindung im STAP geleitet.

Erhöht sich der Differenzdruck über das Regelventil, so schließt das STAP proportional, um dies zu kompensieren.

Das Regelventil „V“ ist niemals überdimensioniert, da die Nenndurchflußmenge immer bei voll geöffnetem Ventil erreicht wird. Die Autorität ist und bleibt nahezu 1.

Der gesamte zusätzliche Differenzdruck wird im STAP aufgenommen. Die Regelung des Differenzdrucks ist ziemlich einfach im Vergleich zur Temperaturregelung. Darüber hinaus kann ein ausreichend großes Proportionalband gewählt werden, um ein Pendeln zu verhindern.

Da die Durchflußmenge für jeden Verbraucher auf dem erforderlichen Wert ist, ist keine weitere Einregulierung erforderlich. Wenn alle Regelventile zusammen mit einem STAP verwendet werden, sind in diesen Verbraucherkreisen Regelventile nur mehr zu Diagnose- und Meßzwecken erforderlich.

Einregulierung für Abb. 3

1. Öffnen Sie das Regelventil „V“
2. Stellen Sie das STAM-(STAD-)Ventil so ein, um 3 kPa bei Nenndurchflußmenge zu erhalten.
3. Stellen Sie den Sollwert Δp_L für den Differenzdruckregler STAP so ein, daß Sie die Nenndurchflußmenge im Ventil STAM (STAD) erhalten.

3. Regelkreise mit Zweiweg(Durchgangs) ventilen

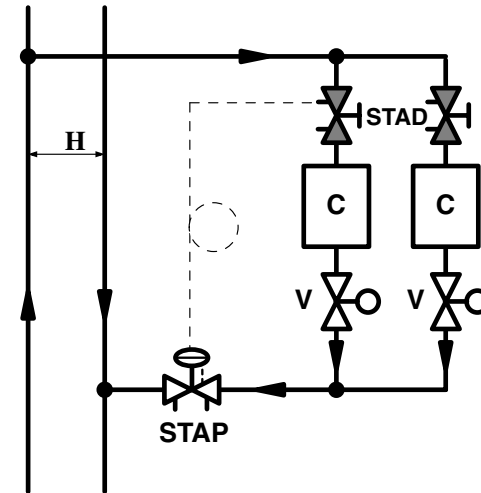


Abb. 4. Der Differenzdruckregler STAP stabilisiert den Differenzdruck über eine Reihe von Verbrauchern.

Sind mehrere kleine Verbraucher „C“ nahe beieinander montiert, so kann es ausreichen, den Differenzdruck für die gesamte Anordnung entsprechend Abb. 4 zu stabilisieren.

Der Druck im Vorlauf wird über die Impulsleitung zum STAP geleitet. Diese ist am Eintritt des Einregulierungsventils des ersten Verbrauchers angeschlossen.

Wenn der Differenzdruck ΔH ansteigt, schließt das STAP, um dies zu kompensieren. Jedes Regelventil „V“ wird so dimensioniert, damit es voll geöffnet bei Nenndurchflußmenge den gleichen Druckverlust aufweist wie der Verbraucher selbst.

Einregulierung für Abb. 4

1. Lassen Sie den Sollwert für das STAP auf Werkseinstellung. Das Regelventil „V“ ist voll geöffnet.
2. Regulieren Sie die Verbraucher des Abzweiges entsprechend der TA-Balance-Methode (Handbuch 2) ein. Diese Einregulierungsmethode ist unabhängig vom zur Verfügung stehenden Differenzdruck ΔH .
3. Stellen Sie den Sollwert des STAP-Ventils so ein, daß Sie die Nenndurchflußmenge über das Einregulierungsventil STAD des ersten Verbraucherkreises erhalten. Die Durchflußmenge ist dadurch automatisch auch in allen anderen Kreisen auf dem richtigen Wert.

3. Regelkreise mit Zweiweg(Durchgangs) ventilen

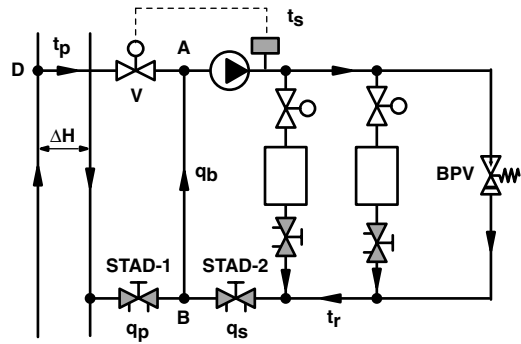


Abb.5. Eine Sekundärpumpe kann für einen ausreichenden Differenzdruck sorgen. Die Sekundärvorlauftemperatur wird zwangsläufig von der Primärtemperatur abweichen.

Wenn der Gesamtdifferenzdruck ΔH zu niedrig ist, um den Regelventilen der Wärmeverbraucher eine ausreichende Autorität zu geben, kann durch den Einbau einer Sekundärpumpe der notwendige Differenzdruck erzeugt werden.

Diese Möglichkeit kann auch dann eingesetzt werden, wenn der Primärdifferenzdruck zu hoch ist.

Die Sekundärvorlauftemperatur t_s , ob konstant oder variabel, weicht zwangsläufig von der Primärtemperatur t_p ab.

Im Heizbetrieb $t_s < t_p$, im Kühlbetrieb $t_s > t_p$.

Im Kleinlastbereich beginnt der Sekundärdifferenzdruck zu steigen. Wenn dieser Druck einen bestimmten Wert überschreitet, öffnet das BPV und stellt einen Mindestdurchfluß zur Sicherung der Pumpe zur Verfügung. Dieser Durchfluß begrenzt auch den Temperaturverlust in den Rohrleitungen, so daß die notwendige Heizmitteltemperatur für das gesamte Sekundärnetz sichergestellt wird.

Einregulierung für Abb. 5

Sekundär

1. Alle Regelventile öffnen. BPV ganz schließen.
2. Die Wärmeverbraucher im Sekundärsystem mit STAD-2 als Partnerventil einregulieren (siehe TA Einregulierungshandbuch Nr. 2).
3. BPV auf den maximal zulässigen Differenzdruck Δp der Wärmeverbraucher - Regelventile einstellen.
4. Regelventile an den Wärmeverbrauchern schließen.
5. BPV soweit öffnen, bis die Mindestdurchflußmenge zur Sicherung der Pumpe erreicht wird (siehe Anhang C).

Primär

1. Das Regelventil V öffnen.
2. Ist die Primärenndurchflußmenge nicht bekannt, so ist diese entsprechend der Formel auf Seite 15 zu berechnen.
3. Primärdurchflußmenge mit Hilfe STAD-1 einstellen. Dieser Vorgang muß als Teil der gesamten Einregulierung des Primärverteilungsnetzes geschehen (siehe TA Einregulierungshandbuch Nr. 2).

3. Regelkreise mit Zweiweg(Durchgangs) ventilen

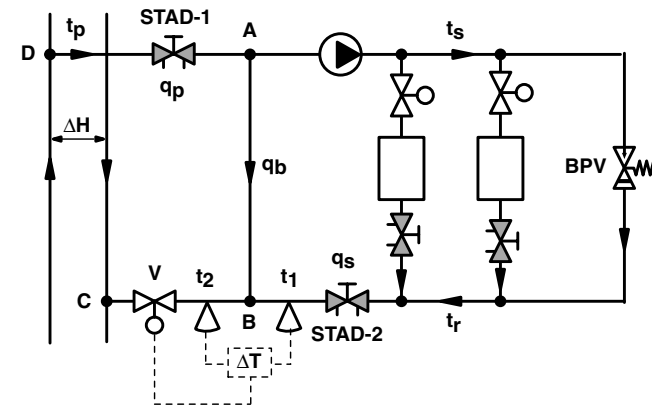


Abb.6. Ein Differenztemperaturregler stellt eine Mindestdurchflußmenge " q_b " im Bypass sicher. Daraus folgt, daß $t_s = t_p$.

Wenn die Sekundärtemperatur gleich der Primärtemperatur sein muß, können Einbauvarianten gemäß der Abb. 6 (nur Heizung) oder Abb. 7 (Heizung und Kühlung) verwendet werden.

Zur Sicherstellung, daß $t_s = t_p$ muß durch den Bypass immer eine Mindestdurchflußmenge q_b gegeben sein.

Ein Differenztemperaturregler ΔT regelt das Primärventil V, um die Mindestdurchflußmenge q_b in der richtigen Durchflußrichtung sicherzustellen. Der ΔT -Regler hält t_2 stets ein wenig höher als t_1 . Der Differenzsollwert beträgt 1-2 K.

Einregulierung für Abb. 6

Sekundär

1. Alle Regelventile öffnen. BPV ganz schließen.
2. Die Wärmeverbraucher im Sekundärsystem mit STAD-2 als Partnerventil einregulieren (siehe TA Einregulierungshandbuch Nr. 2).
3. BPV auf den maximal zulässigen Differenzdruck Δp der Wärmeverbraucher - Regelventile einstellen.
4. Regelventile an den Wärmeverbrauchern schließen.
5. BPV soweit öffnen, bis die Mindestdurchflußmenge zur Sicherung der Pumpe erreicht wird (siehe Anhang C).

Primär

1. Das Regelventil V öffnen.
2. Ist die Primärenndurchflußmenge nicht bekannt, diese entsprechend untenstehender Formel berechnen.
3. Primärdurchflußmenge mit Hilfe STAD-1 einstellen. Dieser Vorgang muß als Teil der gesamten Einregulierung des Primärverteilungsnetzes geschehen (siehe TA Einregulierungshandbuch Nr. 2).

$$q_p = 1.05 q_s$$

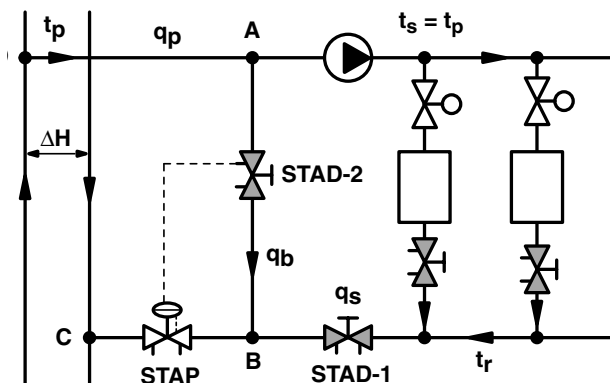


Abb. 7. Ein Differenzdruckregler sorgt für einen konstanten Durchfluß in der Bypassleitung und sichert damit einen konstanten Differenzdruck über diesen Bypass.

Abb. 7 empfiehlt sich besonders in Kälteanlagen, in denen das ΔH zu niedrig ist, um eine ausreichende Autorität für die Regelventile zu gewährleisten, und in denen ΔH zu stark variiert.

Der Differenzdruckregler STAP stellt einen kleinen und konstanten Durchfluß im Bypass, unabhängig von der Veränderung von ΔH , sicher. Dieser kleine Durchfluß wird mit Hilfe des Ventils STAD-2 gemessen. Erhöht sich ΔH , schließt das STAP entsprechend und hält einen konstanten Differenzdruck über das Einregulierungsventil STAD-2.

Einregulierung für Abb. 7

1. Öffnen Sie alle Regelventile.
2. Stellen Sie STAD-2 so ein, daß Sie für 5 % der Nenndurchflußmenge q_p einen Druckverlust entsprechend dem gewählten Sollwert des Differenzdruckreglers erhalten. Verwenden Sie das CBI oder das TA-Ventildiagramm, um den richtigen Einstellwert für das STAD-2 zu erhalten.
3. Regulieren Sie die Sekundärkreise ein, wobei STAD-1 das Partnerventil ist (siehe Handbuch Nr. 2).

3.2 Variable Primär- und konstante Sekundärdurchflußmenge

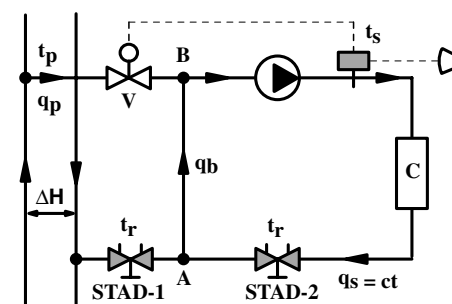


Abb. 8. Regelung eines Wärmeverbrauchers mit konstanter Durchflußmenge (Einspritzschaltung).

Diese Anordnung wird häufig in Heizungs- und Kühlsystemen verwendet. Die Vorlauftemperatur t_s wird mit dem Primäreinspritzventil V geregelt. Wenn in Vollast $t_s = t_p$ sein muß, muß auch die Maximaldurchflußmenge q_b primär gleich oder größer der Sekundärdurchflußmenge q_s sein. Andernfalls kann die installierte Leistung im Sekundärkreis nicht abgegeben werden, weil der Sollwert t_s nicht erreicht wird. Primär- und Sekundärdurchflußmengen müssen übereinstimmen.

Diese Durchflußmengen werden mit Hilfe der Ventile STAD-2 und STAD-1 einreguliert.

Beispiel einer Fußbodenheizung: Nehmen wir an, daß $t_s = 50^\circ\text{C}$, und damit deutlich niedriger als $t_p = 80^\circ\text{C}$ ist. Das Regelventil muß in diesem Fall für eine relativ kleine Durchflußmenge ausgelegt werden. Bei einer Rücklauftemperatur $t_r = 45^\circ\text{C}$ zeigt uns nachstehende Formel, daß die Primärdurchflußmenge nur 14 % der Sekundärmenge ist. Wird das Regelventil für diese Durchflußmenge ausgelegt, kann es im gesamten Bereich regeln. Die Maximaltemperatur von 50°C für den Verbraucherkreis wird auch bei maximaler Ventilöffnung nie überschritten. Sollte die Sekundärpumpe ausfallen, wird die Primärdurchflußmenge über den Bypass abgeleitet und verhindert damit eine Überhitzung des Heizkreises.

Einregulierung für Abb. 8

1. Alle Regelventile öffnen.
2. Sekundärdurchflußmenge mit Hilfe von STAD-2 einregulieren.
3. Falls Primärdurchflußmenge nicht bekannt, diese mit Hilfe der unten stehenden Formel ermitteln.
4. Primärdurchflußmenge mit Hilfe STAD-1 einstellen. Dieser Vorgang muß als Teil der gesamten Einregulierung des Primärverteilungsnetzes geschehen (siehe TA Einregulierungshandbuch Nr. 2)

$$q_p = q_s \frac{t_s - t_r}{t_p - t_r} = q_s \frac{50 - 45}{80 - 45} = 0.14 q_s$$

3. Regelkreise mit Zweiweg(Durchgangs) ventilen

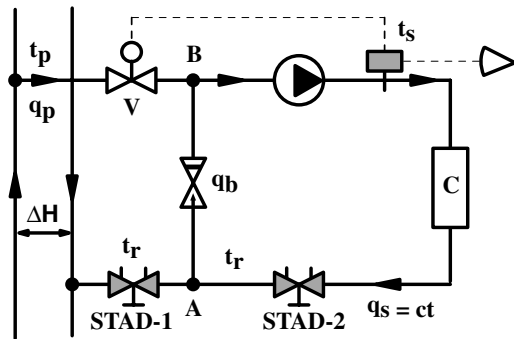


Abb. 9. Ein Rückschlagventil im Bypass sorgt bei Ausfall der Sekundärpumpe für einen Mindestdurchfluß durch den Wärmeverbraucher C.

Hier handelt es sich im wesentlichen um den gleichen Anlagenaufbau wie in der Abb. 8. Ein zusätzliches Rückschlagventil im Bypass verhindert eine Fehlzirkulation von B nach A.

Bei Anwendung dieses Aufbaues in einem Fernheizsystem mit überdimensionierten Regelventilen verhindert das Rückschlagventil eine Erhöhung der Rücklauftemperatur.

Wird dieser Regelkreis in Verbindung mit einem Vorheizregister eingesetzt, schaltet das Rückschlagventil die Frostgefahr auch bei Ausfall der Sekundärpumpe aus.

Beachten Sie, daß die Primärwassermenge niemals größer sein kann als die Sekundärwassermenge.

Einregulierung für Abb. 9

tsc = tp:

1. Das Regelventil V schließen.
2. Die Sekundärnenndurchflußmenge qsc mit Hilfe STAD-2 einregulieren.
3. Das Regelventil V öffnen.
4. Den Primärdurchfluß auf die gleiche Menge wie qsc mit Hilfe STAD-1 einstellen. Dieser Vorgang muß als Teil der gesamten Einregulierung des Primärverteilungsnetzes geschehen (siehe TA Einregulierungshandbuch Nr. 2).

tsc = tp:

1. Das Regelventil V schließen.
2. Die Sekundärnenndurchflußmenge qsc mit Hilfe STAD-2 einregulieren.
3. Falls Primärdurchflußmenge nicht bekannt, diese mit Hilfe der unten stehenden Formel ermitteln.
4. Das Regelventil V öffnen.
5. Den Primärdurchfluß auf die gleiche Menge wie qsc mit Hilfe STAD-1 einstellen. Dieser Vorgang muß als Teil der gesamten Einregulierung des Primärverteilungsnetzes geschehen (siehe TA Einregulierungshandbuch Nr. 2).

$$q_p = q_s \frac{(t_s - t_r)}{(t_p - t_r)}$$

3. Regelkreise mit Zweiweg(Durchgangs) ventilen

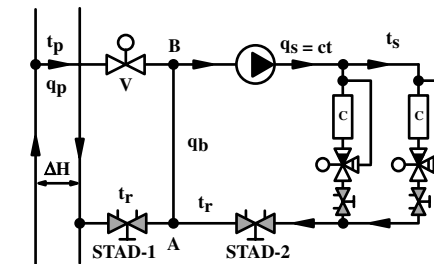


Abb. 10. Eine Anlage mit konstanter Primärverteilung wird in variable Primärverteilung umgewandelt.

In großen Anlagen kommt es häufig vor, daß Verteilungssysteme von konstantem auf variablen Durchfluß umgestellt werden. Hierfür gibt es drei Gründe: 1. Die Vorlauftemperatur kann konstant gehalten werden, ohne ständig alle Wärmeerzeuger in Betrieb halten zu müssen. 2. Eine variable Durchflußmenge reduziert den Energieverbrauch für die Umwälzpumpen. 3. Die Anlage kann mit einem Gleichzeitigkeitsfaktor ausgelegt werden.

Normalerweise arbeitet dabei die Sekundärseite jeweils weiterhin mit konstanten Durchflußmengen.

Nach der Umstellung kann es nicht dabei bleiben, daß $t_s = t_p$. Bei voll geöffnetem Regelventil V kann t_s nur dann gleich t_p sein, wenn es zu einer Durchflußumkehr im Bypass kommt. Da in diesem Fall die Solltemperatur erreicht wird, unterbleibt jedes Signal, um das Durchgangsventil wieder zu schließen. Es bleibt offen, und wir haben wieder ein konstantes Durchflußsystem.

Um diese Situation zu vermeiden, muß t_s so gewählt werden, daß im Heizbetrieb $t_s < t_p$ und im Kühlbetrieb $t_s > t_p$ ist.

Die Primärdurchflußmenge wird entsprechend der Lastanforderungen gemäß folgender Formel variieren:

$$q_p = \frac{P}{1 + \frac{(t_{sc} - t_{rc})}{(t_p - t_{rc})} \left(\frac{P}{100} - 1 \right)} \%$$

P ist die Teillast in Prozent der Gesamtnennleistung.

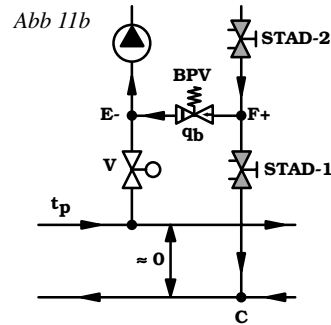
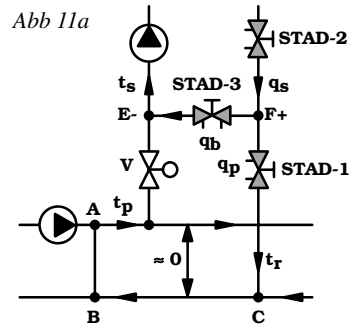
Nehmen wir an, daß $t_p = 6^\circ\text{C}$, $t_{sc} = 8^\circ\text{C}$ und $t_r = 12^\circ\text{C}$ ist. Für $P = 50\%$ errechnet sich $q_p = 75\%$. Dies bedeutet, daß bei einem Leistungsbedarf von 50% eine Durchflußmenge von 75% erforderlich ist. Vor Umstellung des Systems von konstantem auf variablen Durchfluß war die Durchflußmenge bei einem Leistungsbedarf von 50% noch 100%. Durch diese Veränderung hat das Primärnetz nicht wirklich eine variable Durchflußmenge, da der Durchfluß in % höher ist als die Leistung in %.

Einregulierung für Abb. 10

1. Die Verbraucherkreise einregulieren (siehe TA Einregulierungshandbuch Nr. 2). STAD-2 ist das Partnerventil.
2. Ist die Primärnenndurchflußmenge nicht bekannt, diese entsprechend untenstehender Formel berechnen.
3. Das Regelventil V öffnen.
4. Primärdurchflußmenge q_p mit Hilfe STAD-1 einstellen. Dieser Vorgang muß als Teil der gesamten Einregulierung des Primärverteilungsnetzes geschehen (siehe TA Einregulierungshandbuch Nr. 2).

$$q_p = q_s \frac{(t_s - t_r)}{(t_p - t_r)}$$

3. Regelkreise mit Zweiweg(Durchgangs) ventilen



Sekundärpumpen bewirken eine Zirkulation bei drucklosen Verteilern.

Herrscht im Verteilernetz ein sehr geringer Differenzdruck, kann eine Zirkulation durch die Sekundärpumpen hervorgerufen werden.

Das Strangreguliertventil STAD-3 bewirkt einen gewissen Differenzdruck zwischen F und E. Dies führt zur Primärdurchflußmenge q_p im Regelventil über die Teilstrecken FCB und AE. Der Differenzdruck Δp_{pEF} bewirkt, daß $q_p = q_{sc} - q_{pc}$ ist.

Daraus ergibt sich, daß q_{sc} größer sein muß als q_{pc} . Ist das Regelventil V geschlossen, ist die Bypassdurchflußmenge $q_p = q_{sc}$, und Δp_{pEF} erreicht sein Maximum. Dieser Differenzdruck entspricht dem über das geschlossene Regelventil V. Um für dieses Ventil eine gute Autorität zu erhalten, ist es wichtig, daß sich Δp_{pEF} nicht zu stark verändert. Dies bedeutet, daß q_{pc} im Vergleich zu q_{sc} so klein wie möglich sein muß. Ein solches System kann also nur ins Auge gefaßt werden, wenn ein großer Unterschied zwischen t_s und t_p besteht, wie z.B. bei Fußbodenheizungsanlagen.

Die Durchflußmenge über den Bypass errechnet sich gemäß nachstehender Formel:

$$q_b = q_s \frac{(t_p - t_s)}{(t_p - t_r)}$$

Nehmen wir an, die Sekundärdurchflußmenge q_s ist mehr oder weniger konstant und die Autorität des Regelventils $\beta' = \Delta p_{pV} / \Delta p_{pEFmax}$.

Beispiel: Fußbodenheizung mit $t_p = 80^\circ\text{C}$, $t_s = 50^\circ\text{C}$, $t_r = 45^\circ\text{C}$ und $q_s = 100$. Bei Vollast ergibt sich, $q_b = 100 (80-50)/(80-45) = 85,7$. Bei dieser Durchflußmenge muß das Ventil STAD-3 im Bypass einen Differenzdruck erzeugen, der dem Druckverlust über das Zweiwegventil (z.B. 8 kPa) und dem Primärkreis (5 kPa), insgesamt also 13 kPa entspricht. Ist das Durchgangsregelventil bei Nulllast geschlossen, verändert sich die Durchflußmenge q_b auf 100 (unter der Annahme, daß die Erhöhung auf den Druckverlust über die Teilstrecke EF nur eine geringe Auswirkung auf die Durchflußmenge q_s hat), und der Druckverlust über das STAD-3 verändert sich auf $\Delta p_{pEFmax} = 13 \times (100/85,7)^2 = 18 \text{ kPa}$.

Die Autorität des Regelventils ist also $\beta' = 8/18 = 0,44$.

3. Regelkreise mit Zweiweg(Durchgangs) ventilen

Das STAD-3 kann auch durch ein Proportionalüberströmventil BPV (Abb. 11b) ersetzt werden. Dieses sorgt für einen konstanten Differenzdruck über die Teilstrecke EF. Im Fußbodenheizungsbeispiel verbessert sich dadurch die Autorität für das Regelventil von 0,44 auf 0,61.

Einregulierung für Abb. 11

STAD-3 im Bypass (Abb. 11a)

1. Alle Regelventile öffnen.
2. STAD-3 so voreinstellen, daß ein Druckverlust von $\Delta p_{pEF} = \Delta p_{pV} + \text{Druckverlust im Primärkreis}$ (in unserem Beispiel $8+5=13 \text{ kPa}$) bei einer Durchflußmenge von $q_b = (q_{sc} - q_{pc})$ im Bypass entsteht. Zur richtigen Einstellung CBI oder ein TA Nomogramm verwenden.
3. STAD-1 so einstellen, daß ein Druckverlust von 3 kPa für die Primärdurchflußmenge aufgebaut wird. Zur richtigen Einstellung CBI oder ein TA Nomogramm verwenden.
4. Das Regelventil V schließen. Sekundärnenndurchflußmenge mit STAD-2 einstellen.
5. Ist die Primärnenndurchflußmenge q_{pc} nicht bekannt, diese entsprechend untenstehender Formel berechnen.
6. Das Regelventil V öffnen, STAD-3 so lange verstellen, bis, gemessen an STAD-1, die Durchflußmenge $q_p = q_{pc}$.

$$q_p = q_s \frac{(t_{sc} - t_{rc})}{(t_p - t_{rc})}$$

BPV im Bypass (Abb. 11b)

1. Alle Regelventile öffnen.
2. STAD-1 so einstellen, daß für die Menge $q_p = q_{pc}$ ein Druckverlust von 3 kPa abgelesen werden kann. Zur richtigen Einstellung CBI oder ein TA Nomogramm verwenden.
3. STAD-2 öffnen. BPV so lange verstellen, bis die Nenndurchflußmenge über STAD-1 abgelesen werden kann.
4. STAD-2 so einstellen, daß die Sekundärnenndurchflußmenge erreicht wird.

3.3 Konstante Primär- und variable Sekundärdurchflußmengen

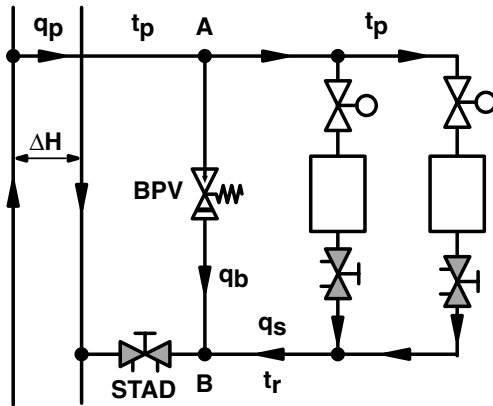


Abb. 12. Ein Proportionalüberströmventil BPV zur Stabilisierung des Differenzdruckes an kleinen Wärmeverbrauchern.

In Anlagen mit einem Primärdifferenzdruck, der für die Sekundärseite zu hoch ist, empfiehlt sich ein Aufbau gemäß Abb. 12. Der Sollwert für das BPV kann in einem Bereich von 8-60 kPa gewählt werden. Damit sind gute Arbeitsbedingungen für das Regelventil des Wärmeverbrauchers (gute Autorität), unabhängig von Veränderungen des Differenzdruckes ΔH , möglich. Das BPV stellt einen konstanten Differenzdruck zwischen A und B sicher. Im STAD wird die Druckdifferenz zwischen $(\Delta H - \Delta p_{BPV})$ abgebaut.

Einregulierung für Abb. 12

1. Alle Regelventile öffnen. BPVs ganz schließen.
2. Verteilungssystem schrittweise, Verbraucher für Verbraucher, Strang für Strang, usw. einregulieren (siehe TA Einregulierungshandbuch Nr. 2). Diese Arbeit komplett vor Schritt 3 durchführen.
3. Die Regelventile dieses Stranges schließen.
4. Verringern Sie die Einstellung des BPV-Ventils bis Sie im STAD zwei Drittel der Nenndurchflußmenge erhalten (siehe Handbuch 4 – Anhang 5.5 für weitere Erklärungen).

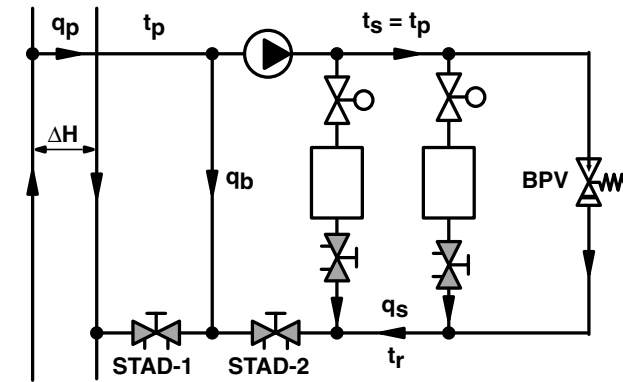


Abb. 13. Reduzierung oder Erhöhung des Differenzdruckes über die Wärmeverbraucher beim Einsatz von Sekundärpumpen.

Ist der Primärdifferenzdruck zu groß oder zu klein für den Sekundärkreis, kann ein Anlagenaufbau gemäß Abb. 13 hilfreich sein. Bei diesem Aufbau wird ein Überströmventil zur Erreichung eines Mindestdurchflusses zur Sicherung der Pumpe verwendet. STAD-1 verhindert eine Kurzschlußzirkulation auf der Primärseite.

Einregulierung für Abb. 13

1. Alle Regelventile öffnen. Alle BPVs schließen.
2. Abgleich der Wärmeverbraucher untereinander mit STAD-2 als Partnerventil (siehe TA Einregulierungshandbuch Nr. 2).
3. BPV auf den maximal zulässigen Differenzdruck für die Regelventile an den Wärmeverbrauchern einstellen.
4. Die Regelventile an den Wärmeverbrauchern dieses Stranges schließen.
5. Falls notwendig den Einstellwert von BPV verringern, um die notwendige Mindestumlaufmenge zur Sicherung der Pumpe zu erreichen (siehe Anhang C).
6. Einregulierung der Primärenndurchflußmenge mit STAD-1. Dieser Vorgang muß als Teil der gesamten Einregulierung des Primärverteilternetzes geschehen (siehe TA Einregulierungshandbuch Nr. 2).

3.4 Konstante Primär- und Sekundärdurchflußmenge

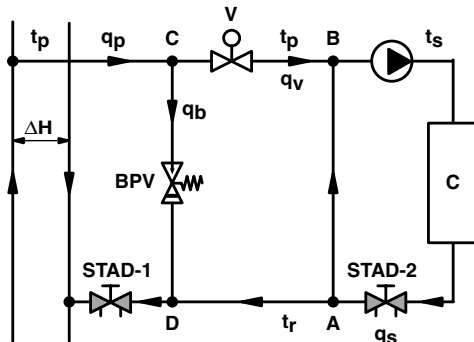


Abb. 14. Konstante Primär- und Sekundärdurchflußmenge.

Ein Wärmeverbraucher wird mit konstantem Durchfluß beaufschlagt. Die Vorlauftemperatur wird über das Durchgangsventil V geregelt. Diese Temperatur muß so gewählt werden, daß im Heizbetrieb $t_s < t_p$ und im Kühlbetrieb $t_s > t_p$.

Das BPV sorgt für einen konstanten Differenzdruck CD. Dieser entspricht dem gewählten Druckverlust für das Regelventil V, das nach erfolgter Einregulierung eine Autorität von annähernd 1 hat.

Einregulierung für Abb. 14

1. Alle Regelventile öffnen. Alle BPVs schließen.
2. Ist die Primärdurchflußmenge nicht bekannt, diese entsprechend unten stehender Formel berechnen.
3. Primärdurchflußmenge mit Hilfe STAD-1 einstellen. Dieser Vorgang muß als Teil der gesamten Einregulierung des Primärverteilungsnetzes geschehen (siehe TA Einregulierungshandbuch Nr. 2). Diese Arbeit komplett vor Schritt 4 durchführen).
4. Das Regelventil V schließen.
5. Verringern Sie die Einstellung des BPV-Ventils bis Sie im STAD zwei Drittel der Nenndurchflußmenge erhalten (siehe Handbuch 4 – Anhang 5.5 für weitere Erklärungen).
6. Die Sekundärenndurchflußmenge mit Hilfe von STAD-2 einstellen.

$$q_p = q_s \frac{(t_{sc} - t_{rc})}{(t_p - t_{rc})}$$

4.1 Variable Primär- und konstante Sekundärdurchflußmenge

Druckloses Primärnetz

Ein druckloses Primärnetz ist ein Verteilsystem ohne eigene Pumpe. Die Sekundärpumpe versorgt sowohl die Primär- als auch die Sekundärseite.

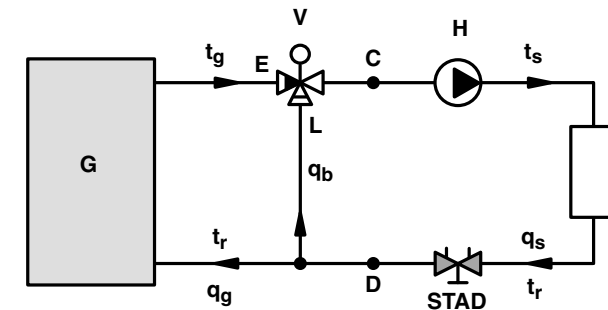


Abb. 15. Mischkreis in Verbindung mit einem Wärmeerzeuger.

Abb. 15 zeigt einen Regelkreis mit einem Dreiwegmischventil. Der Primärkreis besteht aus einem Umformer, einer Bypaßleitung bzw. hydraulischen Weiche oder einem Heizkessel, der entweder für eine Null-Durchflußmenge geeignet ist oder mit einer Bypaßpumpe versehen wird, die eine Mindestdurchströmung sicherstellt. Das Dreiwegventil sollte mit einem Druckverlust ausgelegt werden, der dem über den Kreis G entspricht, mindestens aber 3 kPa beträgt.

Einregulierung für Abb. 15

1. Das Dreiwegventil voll öffnen.
2. Nenndurchflußmenge mit Hilfe STAD einstellen.

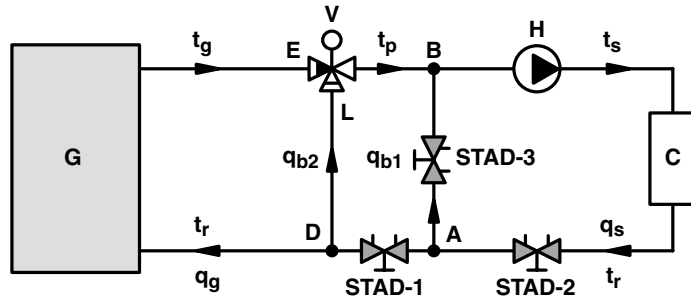


Abb. 16. Doppelte Beimischung

Ist die Durchflußmenge q_s im Verbraucherkreis höher als die Nenndurchflußmenge über dem Wärmeerzeuger, stellt der Bypass AB die Vergleichbarkeit der Durchflußmengen sicher.

Der Druckverlust, der durch das Ventil STAD-3 für eine Durchflußmenge $q_{b1} = q_{sc} - q_{gc}$ erzeugt wird, ist der erforderliche Differenzdruck, um den Druckverlust über das Ventil STAD-1 + G + Dreiwegventil zu überwinden.

Der Druckverlust, der durch das Dreiwegregelventil bei Nenndurchflußmenge q_{gc} entsteht, muß gleich oder größer dem Nenndruckverlust in G und den Rohreinbauteilen sein. Der Mindestwert ist jedoch 3 kPa.

Einregulierung für Abb. 16

1. Öffnen Sie das Dreiwegregelventil „V“.
2. Berechnen Sie die Nenndurchflußmenge q_{b1} im Ventil STAD-3 und die Durchflußmenge q_{gc} im Ventil STAD-1 mit unten stehender Formel.
3. STAD-3 und STAD-1 werden entsprechend der TA-Balance-Methode einreguliert (siehe Handbuch 2 - Version 2).
4. Stellen Sie die Durchflußmenge q_s mit dem Ventil STAD-2 ein.

$$q_{gc} = q_{sc} \frac{(t_{sc} - t_{rc})}{(t_g - t_{rc})} \quad q_{b1} = q_{sc} - q_{gc}$$

Druckbehaftetes Primärnetz

Ein druckbehaftetes Primärnetz ist ein Verteilsystem mit einer eigenen Pumpe. Der Differenzdruck der Primärpumpe sorgt auch für eine Durchströmung der Sekundärkreise.

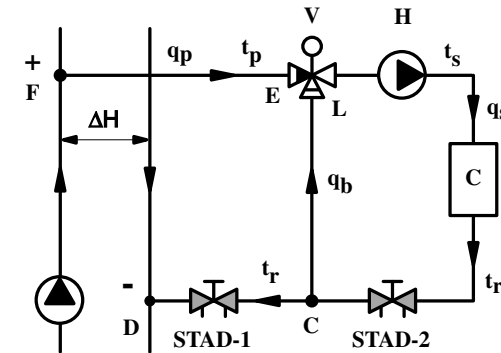


Abb. 17. Mischkreis mit Strangreguliertventilen zum Abgleich des Primärdifferenzdruckes und der Sekundärnenndurchflußmenge.

Das Dreiwegventil in Abb. 17 wird mit einem Differenzdruck ΔH beaufschlagt. Dieser Druck kann die Regelfunktion des Dreiwegventils stören. Der Durchfluß über den Bypass q_b kann sich umkehren und die Mischfunktion des Ventils außer Funktion setzen.

Um dies zu verhindern, wird das Strangreguliertventil STAD-1 installiert. Der Druckverlust im STAD-1 soll ΔH bei der Nenndurchflußmenge q_{pc} entsprechen.

Der Druckverlust im Dreiwegventil sollte ΔH entsprechen, um diesem Ventil eine Autorität von 0,5 zu geben. Dieser Druckverlust wird durch die Sekundärpumpe gedeckt.

Einregulierung für Abb. 17

1. Das Dreiwegventil schließen.
2. Die Sekundärnenndurchflußmenge mit Hilfe STAD-2 einstellen.
3. Das Dreiwegventil öffnen.
4. STAD-1 so einstellen, daß am STAD-2 wieder der Sekundärnenndurchfluß gemessen werden kann. Dieser Vorgang muß als Teil der gesamten Einregulierung des Primärverteilungsnetzes geschehen (siehe TA Einregulierungshandbuch Nr. 2).

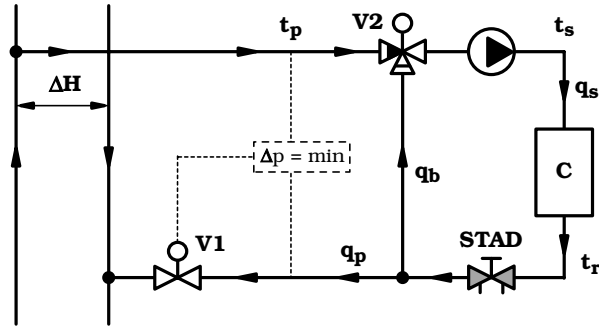


Abb. 18. Abbau des Primärdifferenzdruckes mit Hilfe eines Differenzdruckreglers.

In manchen Anlagen arbeiten Dreiwegmischventile wegen eines zu hohen Primärdifferenzdruckes nicht zufriedenstellend. In solchen Fällen wird manchmal ein Differenzdruckregler installiert, um den Primärdruck abzubauen oder doch auf einen annehmbaren Wert zu reduzieren, wie dies in Abb. 18 gezeigt wird.

Das ist jedoch eine teure Lösung. Sie kann dennoch sinnvoll sein, wenn der Differenzdruck dazu verwendet wird, mehrere Dreiwegventile zu versorgen und wenn ein variabler Durchfluß in der Verteilung erforderlich ist. Kann ein konstanter Durchfluß im Primärsystem akzeptiert werden, so ist der Aufbau gemäß Abb. 20 besser.

Einregulierung für Abb. 18

1. Das Dreiwegventil schließen.
2. Die Sekundärnenndurchflußmenge mit Hilfe STAD einstellen.
3. Den Sollwert des Differenzdruckreglers auf einen Wert möglichst nahe Null einstellen.

4.2 Variable Primär- und Sekundärdurchflußmengen

Druckloses Primärnetz

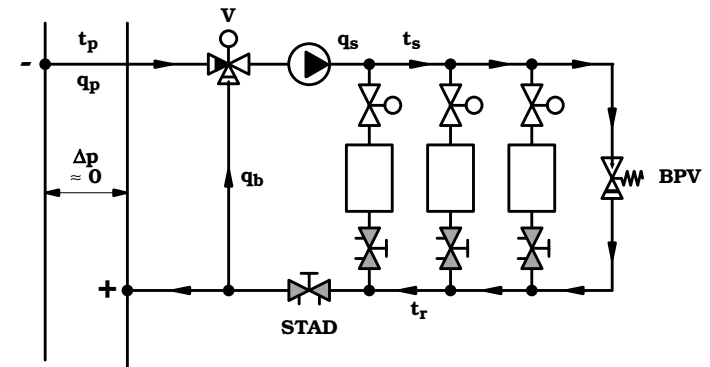


Abb. 19. Dreiwegventil zur Regelung der Vorlauftemperatur im Verteilungssystem.

Das Dreiwegventil regelt die Vorlauftemperatur. Die Durchgangsventile an den Verbrauchern übernehmen die Feinregelung der Energieversorgung durch Anpassung der Durchflußmengen an den jeweiligen Leistungsbedarf. Das Dreiwegventil hat eine Autorität nahe 1. Bei Kleinlast sorgt das Proportionalüberströmventil BPV für eine Mindestdurchflußmenge zur Sicherung der Pumpe und sorgt gleichzeitig für eine Verringerung des Temperaturverlustes in den Verteilungsleitungen.

Bitte beachten Sie: Unterhalb einer bestimmten Durchflußmenge ergibt sich am Dreiwegventil eher eine laminare als eine turbulente Strömung. In diesem Betriebszustand verliert das Dreiwegventil seine wesentliche Eigenschaft, und der Regelkreis wird instabil. Aus diesem Grund muß die Mindestwassermenge über das BPV groß genug sein, um einen Druckverlust von wenigsten 1 kPa im Dreiwegventil sicherzustellen.

Einregulierung für Abb. 19

1. Alle Regelventile öffnen. Das BPV Ventil schließen.
2. Einregulierung des Sekundärsystems mit Hilfe von STAD als Partnerventil (siehe TA Einregulierungshandbuch Nr. 2).
3. Alle Durchgangsventile schließen.
4. BPV so einstellen, daß die Mindestdurchflußmenge zur Sicherung der Pumpe erreicht wird (siehe Anhang C).

4.3 Konstante Primär- und Sekundärdurchflußmenge

Druckbehaftetes Primärnetz

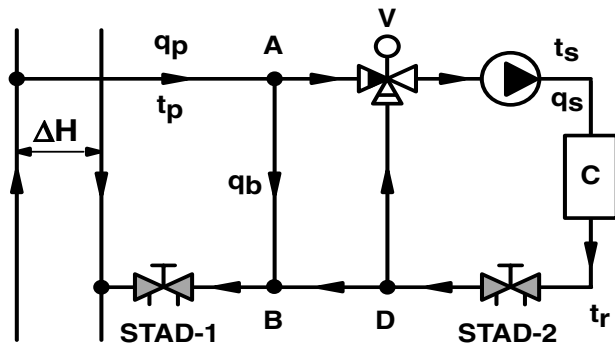


Abb. 20. Das Strangregulierventil STAD-1 und der Bypass AB bauen den Primärdifferenzdruck vor dem Dreiwegventil ab.

Wenn die Primärdurchflußmenge konstant sein soll, so ist es einfach, einen zu hohen Differenzdruck auf der primärseite eines Dreiwegmischventils zu verhindern. Man muß nur den Bypass AB installieren und den Primärdifferenzdruck mit den Einregelungsventil STAD-1 abbauen. Die Autorität des Dreiwegventils ist immer nahezu 1.

Einregulierung für Abb. 20

1. Das Dreiwegventil öffnen.
2. Die Sekundärdurchflußmenge mit Hilfe STAD-2 einstellen.
3. Ist die Primärdurchflußmenge q_p nicht bekannt, diese entsprechend untenstehender Formel berechnen.
4. Einstellen der Primärdurchflußmenge mit STAD-1. Dieser Vorgang muß als Teil der gesamten Einregulierung des Primärverteilungsnetzes geschehen (siehe TA Einregulierungshandbuch Nr. 2).

$$q_p = q_s \frac{(t_{sc} - t_{rc})}{(t_p - t_{rc})}$$

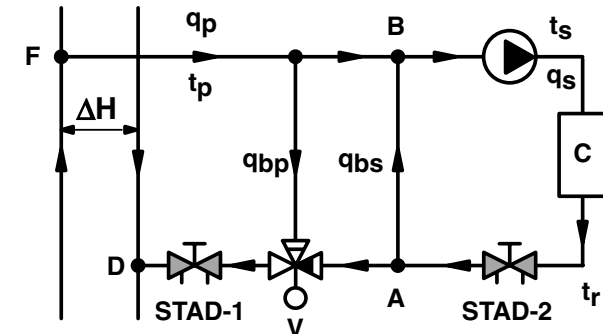


Abb. 21. Wenn die Vorlauftemperatur t_{sc} nicht der Temperatur t_p entspricht, ist es besser, einen Bypass auf der Sekundärseite zu installieren. (Einspritzschaltung mit Dreiwegventil).

Wenn die Vorlauftemperatur t_{sc} nicht der Temperatur t_p entspricht, ist der Aufbau gemäß Abb. 21 dem Aufbau der Abb. 20 vorzuziehen.

Die Durchflußmenge im Regelventil der Abb. 21 ist kleiner als bei der Abb. 20 (q_p anstelle q_s).

Damit kann ein kleineres Dreiwegventil gewählt werden. Die Autorität des Dreiwegventils ist annähernd 1.

Einregulierung für Abb. 21

1. Das Dreiwegventil öffnen.
2. Die Sekundärdurchflußmenge mit Hilfe STAD-2 einstellen.
3. Ist die Primärdurchflußmenge q_p nicht bekannt, diese entsprechend untenstehender Formel berechnen.
4. Einstellen der Primärdurchflußmenge mit STAD-1. Dieser Vorgang muß als Teil der gesamten Einregulierung des Primärverteilungsnetzes geschehen (siehe TA Einregulierungshandbuch Nr. 2).

$$q_p = q_s \frac{(t_{sc} - t_{rc})}{(t_p - t_{rc})}$$

4.4 Konstante Primär- und variable Sekundärdurchflußmenge

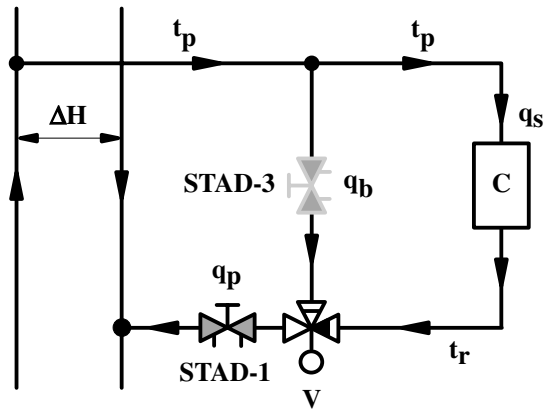


Abb. 22. Ein Dreiwegmischventil im Rücklauf (Umkehrschaltung).

Ein Dreiwegmischventil eingesetzt im Rücklauf, versorgt den Wärmeverbraucher mit einer variablen Durchflußmenge und einer konstanten Heizmitteltemperatur. Gleichzeitig sorgt es für eine konstante Primärdurchflußmenge. Diese Einbausituation des Dreiwegventils verhindert eine Beeinflussung verschiedener Kreise auf der Primärseite.

Das Dreiwegventil sollte einen Druckverlust haben, der gleich oder größer als der über den Wärmeverbraucher C ist, um eine Autorität von wenigstens 0,5 zu haben.

Beachten Sie bitte: Das wichtigste Strangregulierventil ist das STAD-1. Auf STAD-3 kann verzichtet werden, wenn $\Delta p_C < 0,25\Delta H$.

Einregulierung für Abb. 22

1. Dreiwegventil öffnen.
2. Nenndurchflußmenge mit Hilfe STAD-1 einstellen. Dieser Vorgang muß als Teil der gesamten Einregulierung des Primärverteilungsnetzes geschehen (siehe TA Einregulierungshandbuch Nr. 2). Diese Arbeit vor Schritt 3 durchführen.
3. Das Dreiwegventil schließen.
4. Den Durchfluß mit Hilfe STAD-1 messen und mit STAD-3 auf Nenndurchflußmenge einstellen.

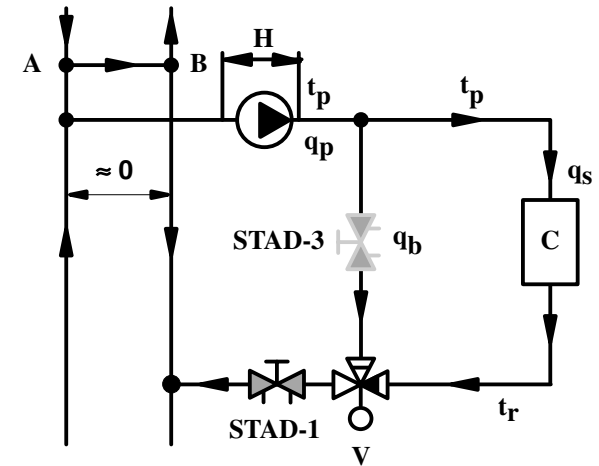


Abb. 23. Dreiwegmischventil im Rücklauf eines drucklosen Verteilungssystems.

Ist ein Verteilungssystem drucklos (es gibt keinen wirksamen Differenzdruck), muß eine separate Primärpumpe installiert werden. Diese Pumpe kann mehrere Kreise versorgen.

Bitte beachten Sie: Das wichtigste Strangregulierventil ist das STAD-1. Auf STAD-3 kann verzichtet werden, wenn $\Delta p_C < 0,25\Delta H$.

Einregulierung für Abb. 23

1. Dreiwegventil öffnen.
2. Nenndurchflußmenge mit Hilfe STAD-1 einstellen. Dieser Vorgang muß als Teil der gesamten Einregulierung des Primärverteilungsnetzes geschehen (siehe TA Einregulierungshandbuch Nr. 2). Diese Arbeit vor Schritt 3 durchführen.
3. Das Dreiwegventil schließen.
4. Den Durchfluß mit Hilfe STAD-1 messen und mit STAD-3 auf Nenndurchflußmenge einstellen.

5. Vergleich verschiedener Regelkreise

Variable Primärdurchflußmenge			
Variable Sekundärdurchflußmenge		Konstante Sekundärdurchflußmenge	
Zweiweg	5	Zweiweg	8 - 9 - 10
Dreiweg	19	Dreiweg	17 - 18
Konstante Primärdurchflußmenge			
Variable Sekundärdurchflußmenge		Konstante Sekundärdurchflußmenge	
Zweiweg	12 - 13	Zweiweg	14
Dreiweg	22	Dreiweg	20 - 21

Gleiche Funktionen können mit Zwei- oder Dreiwegventilen erzielt werden.

5. Vergleich verschiedener Regelkreise

5.1 Druckbehaftetes Primärnetz

	1	$\Delta pV > \Delta H/2^*$ $\Delta p_{STAD} = \Delta H - \Delta pV - \Delta pC$ $\beta' = \Delta pV / \Delta H$
	2	$\Delta pV > (\Delta H - \Delta p_{BPV})/2^*$ $\Delta p_{STAD} > 3 \text{ kPa}$ $\Delta p_{BPV} = \Delta H - \Delta pV - \Delta pC - \Delta p_{STAD}$ $\beta' = \Delta pV / (\Delta H - \Delta p_{BPV})$
	3	$\Delta pV > \text{Min STAP Einstellwert} \geq 10 \text{ kPa}$ $\Delta p_{STAM (STAD)} \geq 3 \text{ kPa}$ β' nahe 1
	5	$q_s < q_p$ $\Delta pV > \Delta H/2^*$ $\Delta p_{STAD-1} = \Delta H - \Delta pV$ $\beta' = \Delta pV / \Delta H$
	6	$t_s = t_p$ $q_s < q_p$ $\Delta pV > \Delta H/2^*$ $\Delta p_{STAD-1} = \Delta H - \Delta pV$ $\beta' = \Delta pV / \Delta H$
	7	$t_s = t_p$ $\Delta pV > \Delta H/2^*$ $\Delta p_{STAD-1} = \Delta H - \Delta pV - \Delta p_{STAD-2}$ $\beta' = \Delta pV / \Delta H$

Variable Primär- und Sekundärdurchflußmenge.
 Die variablen entsprechen den Auslegungswerten - empfohlene Werte (*)

5. Vergleich verschiedener Regelkreise

	8	$q_s < q_p$ $\Delta p_V > \Delta H / 2^*$ $\Delta p_{STAD-1} = \Delta H - \Delta p_V$ $\beta' = \Delta p_V / \Delta H$
	9	$q_s < q_p$ $\Delta p_V > \Delta H / 2^*$ $\Delta p_{STAD-1} = \Delta H - \Delta p_V$ $\beta' = \Delta p_V / \Delta H$
	17	$\Delta p_V > \Delta H^*$ $\Delta p_{STAD-1} = \Delta H$ $\beta' = \Delta p_V / (\Delta p_V + \Delta p_H)$
	18	$\Delta p_{V1} > \Delta H / 2^*$ $\Delta p_{V2} > 3 \text{ kPa}^*$ $\Delta p_{STAD-1} = \Delta H - \Delta p_{V1}$ $\beta'_{V1} = \Delta p_{V1} / (\Delta H - \Delta p)$

Variable Primär- und konstante Sekundärdurchflußmengen.
Die variablen entsprechen den Auslegungswerten - empfohlene Werte (*)

5. Vergleich verschiedener Regelkreise

	12	$t_s = t_p$ $\Delta p_{STAD-1} = \Delta H - \Delta p_{BPv}$
	13	$t_s = t_p$ $\Delta p_{STAD-1} = \Delta H$
	22	$t_s = t_p$ $\Delta p_V > \Delta p_C^*$ $\Delta p_{STAD-3} = \Delta p_C$ $\Delta p_{STAD-1} = \Delta H - \Delta p_V - \Delta p_C$ $\beta' = \Delta p_V / (\Delta p_V + \Delta p_C)$

Konstante Primär- und variable Sekundärdurchflußmengen.
Die variablen entsprechen den Auslegungswerten - empfohlene Werte (*)

	<p>14</p> $q_s > q_p$ $\Delta p_V > 8 \text{ kPa}$ $\Delta p_{\text{STAD-1}} = \Delta H - \Delta p_{\text{BPV}}$ $\beta' = \Delta p_V / \Delta p_{\text{BPV}}$
	<p>20</p> $\Delta p_V > 3 \text{ kPa} *$ $\Delta p_{\text{STAD-1}} = \Delta H$ $\beta' = 1$
	<p>21</p> $\Delta p_V > 3 \text{ kPa} *$ $\Delta p_{\text{STAD-1}} = \Delta H - \Delta p_V$ $\beta' = 1$

Konstante Primär- und Sekundärdurchflußmengen.
Die variablen entsprechen den Auslegungswerten - empfohlene Werte (*)

5.2 Druckloses Primärnetz

	<p>(11a)</p> $q_p < q_s$ $\Delta p_{\text{STAD-3}} =$ $\Delta p_1 + \Delta p_V + \Delta p_{\text{STAD-1}}$ $\Delta p_{\text{STAD-1}} \geq 3 \text{ kPa} *$ $\Delta p_V \geq \Delta p_{\text{STAD-3}} / 2 *$ $\beta' = \Delta p_V / \Delta p_{\text{STAD-3max}}$
	<p>(11b)</p> $q_p < q_s$ $\Delta p_{\text{BPV}} =$ $\Delta p_1 + \Delta p_V + \Delta p_{\text{STAD-1}}$ $\Delta p_{\text{STAD-1}} \geq 3 \text{ kPa} *$ $\Delta p_V \geq \Delta p_{\text{STAD-3}} / 2 *$ $\beta' = \Delta p_V / \Delta p_{\text{BPV}}$
	<p>(15)</p> $\Delta p_V > \Delta p_1 *$ $\beta' = \Delta p_V / (\Delta p_V + \Delta p_1)$
	<p>(16)</p> $q_p < q_s$ $\Delta p_V > \Delta p_1 *$ $\beta' = \Delta p_V / (\Delta p_V + \Delta p_1)$

Variable Primär- und konstante Sekundärdurchflußmengen.
Die variablen entsprechen den Auslegungswerten - empfohlene Werte (*)

Anhang A

Autorität der Zweiweg- (Durchgangs)ventile

A.1 Theoretische Bestimmung der Ventilautorität

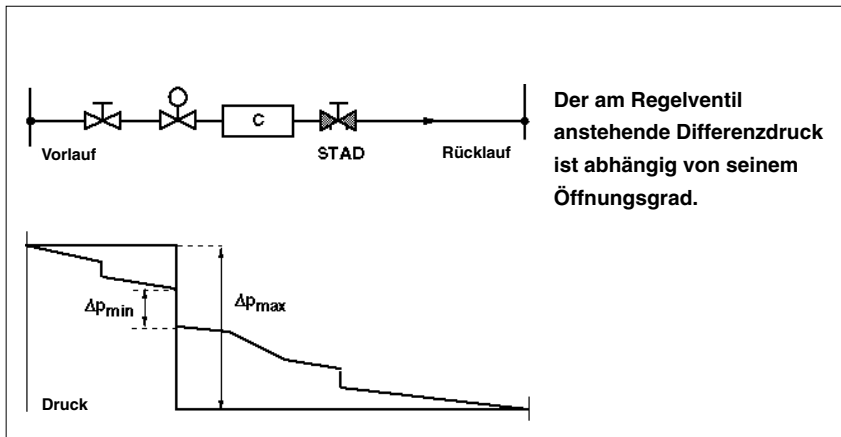
Die statische Charakteristik eines Regelventils wird für einen konstanten Druckverlust über das Ventil definiert. In der Praxis ist allerdings dieser Druckverlust niemals konstant. Aus diesem Grund ist die tatsächliche Ventilcharakteristik stets anders als die theoretische.

Bei voll geöffnetem Ventil entspricht der Differenzdruck Δp_{min} dem gesamt verfügbaren Differenzdruck einer Anlage, abzüglich Widerstand der Wärmeverbraucher, Rohre, Armaturen usw. Bei geschlossenem Regelventil verschwinden die Druckverluste der anderen Anlagenelemente, da der Durchfluß Null ist. Der gesamt verfügbare Differenzdruck $\Delta H_{max} = \Delta p_{max}$ steht dann am Regelventil an.

Die Auslegung der Ventildimension erfolgt auf der Basis von Δp_{min} , da sein Druckverlust in voll geöffnetem Zustand bei der Nenndurchflußmenge dimensioniert wird.

Bei fast geschlossenem Ventil ist die tatsächliche Durchflußmenge größer als die theoretische, da der Differenzdruck dann größer als Δp_{min} ist. Die theoretische Charakteristik des Ventils ist verzerrt. Der Grad der Verzerrung beruht auf der Beziehung $\Delta p_{min}/\Delta p_{max}$. Dieses Verhältnis ist die Regelventilautorität.

$$\beta = \frac{\Delta p_{min}}{\Delta p_{max}}$$

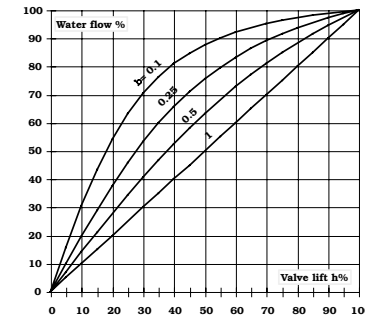


Je geringer die Autorität, umso größer die Abweichung von der theoretischen Ventilcharakteristik

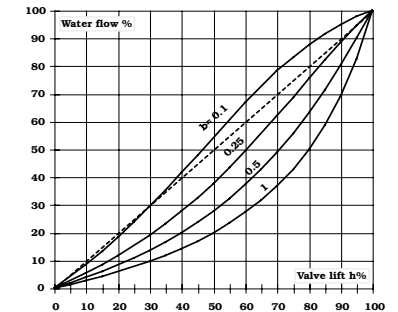
Betrachten wir ein Ventil mit einer linearen Charakteristik, das so ausgelegt ist, daß der Nenndurchfluß genau bei voller Öffnung erreicht wird, aber eine schlechte Autorität von 0,1 besitzt. Bei einem Ventilhub von nur Δp_{min} 10% ist die Durchflußmenge bereits 30%.

Anhang A

Autorität der Zweiweg- (Durchgangs)ventile



Verzerrung einer linearen Ventilcharakteristik als Funktion seiner Autorität.



Verzerrung einer gleichprozentig modifizierten Ventilcharakteristik als Funktion seiner Autorität.

Wenn in unserem Beispiel der Wärmeverbraucher ein Lufterhitzer ist, der mit einem ΔT von 10K ausgelegt wurde, dann bedeuten 30% der Durchflußmenge bereits 80% der Nennleistung.

Mit anderen Worten: Der Lufterhitzer gibt bereits 80% seiner Nennleistung bei einem Ventilhub von nur 10% ab. Unter diesen Bedingungen kann es praktisch keine stabile Regelung geben. Die Situation wird natürlich noch viel schlimmer, wenn das Ventil bei gleicher Autorität überdimensioniert wurde.

Eine Autorität von 0,5 ist akzeptabel, da diese die Ventilcharakteristik nicht wesentlich verzerrt. Mit anderen Worten: Der Druckverlust bei der Nenndurchflußmenge in einem voll geöffneten Ventil muß etwa dem halben, gesamt verfügbaren Differenzdruck entsprechen.

Beachten Sie, daß die Nenndurchflußmenge nicht in die Definition der Ventilautorität eingeht.

Die Kurven in den oben stehenden Tabellen beziehen sich auf voll geöffnete Regelventile unter der Voraussetzung des Nenndurchflusses.

In der Praxis sieht dies meist anders aus, weil eine gewisse Überdimensionierung der Ventile im Hinblick auf ihre Dimensions- und K_v -Sprünge kaum zu vermeiden ist.

Ist ein Regelventil überdimensioniert, vermindert sich Δp_{min} , während Δp_{max} unverändert bleibt. Dies verschlechtert nochmals die Autorität der Ventile. Die theoretische Ventilcharakteristik wird zum Teil erheblich verzerrt, und die Regelung im Kleinlastbereich wird außerordentlich schwierig. Trotzdem, auch ein überdimensioniertes Ventil kann eine gute Autorität haben. Verdoppelt man beispielsweise den Differenzdruck eines Kreises, erhöhen sich Δp_{min} und Δp_{max} im gleichen Verhältnis, ohne daß sich die Autorität verändert. Trotzdem gibt es keinen zu großen Durchfluß im betroffenen Regelkreis.

Was aber passiert mit der Ventilautorität in einem Regelkreis, der einem variablen Differenzdruck ausgesetzt ist?

In diesem Fall verändern sich Δp_{max} und Δp_{min} stets im selben Verhältnis. Die Ventilautorität b bleibt deshalb konstant.

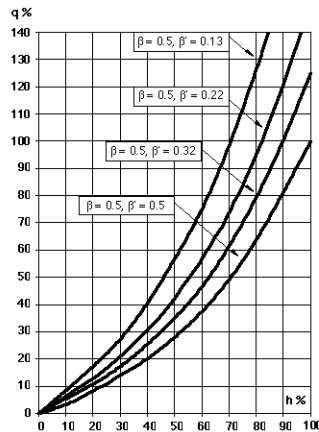
Unabhängig von der Tatsache, daß die Autorität b die gleiche ist, wird die Ventilcharakteristik verzerrt.

Dies ist der Grund, warum die vorstehend definierte Ventilautorität nicht genügend darüber aussagt, ob, und in welcher Form, die Ventilcharakteristik sich verändert.

A.2 Praxisgerechte Bestimmung der Ventilautorität β'

Viel logischer wird die Erklärung des Begriffs Autorität, wenn wir den Druckverlust im Ventil bei Nenndurchfluß ins Verhältnis zum maximalen Druckverlust des Ventils setzen:

$$\beta' = \frac{\Delta p \text{ bei voll geöffnetem Regelventil und Nenndurchfluß}}{\Delta p \text{ Ventil geschlossen}}$$



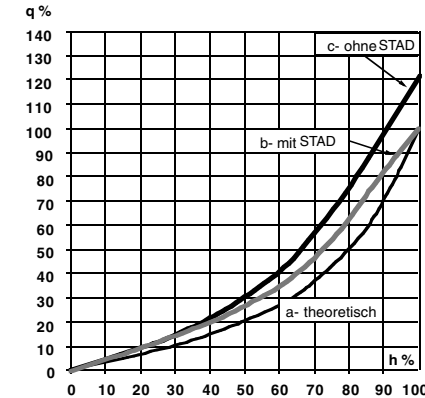
Durchfluß als Funktion des Ventilhubes bei konstanter Autorität β und veränderlichem Druck im Regelkreis.

Die Abbildung zeigt, daß die Autorität β' die Verzerrung der Ventilcharakteristik berücksichtigt. Dies ist bei der allgemeinen Betrachtung nicht der Fall.

Die beiden die Autorität bestimmenden Faktoren stehen gemäß nachstehender Formel zueinander in Beziehung (S_q ist der Faktor für die zu große Durchflußmenge):

$$\beta = (S_q)^2 \cdot \beta'$$

$S_q \geq 1$ bei voll geöffnetem Ventil. Wenn die Maximaldurchflußmenge der Nenndurchflußmenge entspricht, dann ist $\beta = \beta'$.



Beeinflussung der Ventilcharakteristik durch die Begrenzung der maximalen Durchflußmenge mit Hilfe eines Strangregulierventils.

Kann ein Strangregulierventil in Serie mit einem Regelventil installiert werden?

Ein Regelventil mit dem genau errechneten K_v -Wert ist im Normalfall nicht verfügbar. Dementsprechend ist das tatsächlich eingebaute Ventil mehr oder weniger überdimensioniert. Während der Morgenerhöhung, bzw. nach Rückkehr aus der Nachtabsenkung ins normale Tagesprogramm, sind die meisten Ventile offen. Die zu große Durchflußmenge in günstig zur Pumpe gelegenen Wärmeverbraucher führt zu einer Unterversorgung in anderen. Es ist deshalb zwingend erforderlich, daß die Durchflußmenge über jedes Regelventil mit Hilfe eines Einregelungsventils begrenzt wird.

Die oben stehende Abbildung zeigt, wie diese Form der Begrenzung die Charakteristik des Regelventils beeinflusst. Nach der allgemeinen Bestimmung wären ohne Strangregulierventil die überschüssige Durchflußmenge 22% und die Autorität $\beta' = 0,5$. Dies ist allerdings eine falsche Information über die Autorität, die Durchflußmenge ist falsch.

Die Autorität $\beta' = 0,34$ zeigt die tatsächliche Veränderung der Ventilcharakteristik.

Die Autorität β' ist die gleiche mit oder ohne Strangregulierventil, und hängt hauptsächlich von der richtigen Wahl des Regelventils ab.

Durch die Installation eines Strangregulierventils können wir die richtige Durchflußmenge bei Nennlast beibehalten, und gleichzeitig die Charakteristik des Regelventils verbessern.

A.3 Dimensionierung von Regelventilen

Der Kv-wert

Ein Regelventil verursacht einen bestimmten Druckverlust in einem Regelkreis, der die Durchflußmenge auf den gewünschten Wert begrenzen soll. Die Durchflußmenge hängt vom jeweiligen Differenzdruck über das Ventil ab:

$$q = K_v \sqrt{\frac{\Delta p \times 1000}{\rho}}$$

K_v ist der Ventildurchflußwert
 ρ ist die Dichte. Für Wasser, $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ bei 4°C und $\rho = 970$ bei 80°C
 q ist die Durchflußmenge in m^3/h
 Δp ist der Differenzdruck in bar

Der maximale K_v -Wert (K_{vs}) wird bei voll geöffnetem Ventil erreicht. Dieser Wert entspricht der Durchflußmenge in m^3/h bei einem Differenzdruck von 1 bar.

Ein Regelventil wird so ausgewählt, daß sein K_{vs} -Wert den Soll durchfluß bei verfügbarem Differenzdruck ergibt, wenn das Ventil unter Auslegungsbedingungen arbeitet. Es ist nicht einfach, den K_{vs} -Wert für ein Regelventil zu definieren, weil der verfügbare Differenzdruck für das Ventil von einer Vielzahl von Faktoren abhängig ist:

- Der tatsächlichen Pumpenleistung,
- Druckverlust in Rohrleitungen, Armaturen und Fittings,
- Druckverlust in den Wärmeverbraachern.

Diese Druckverluste hängen unter anderem auch von der Genauigkeit ab, mit der die Einregulierung durchgeführt wurde.

Im Zuge der Planung eines Projektes werden die theoretisch richtigen Werte für Druckverluste und Durchflußmengen der verschiedenen Anlagenkomponenten berechnet. Nur sehr selten sind aber alle Komponenten in der genau definierten Ausführung verfügbar. Der Installateur muß z.B. verfügbare Standardwerte bei Pumpen, Regelventilen und Wärmeverbrauchern verwenden.

Regelventile beispielsweise gibt es mit K_{vs} -Werten, die in einer geometrischen Reihe, der sogenannten Reynard-Serie, ansteigen:

K_{vs} : 1,0 1,6 2,5 4,0 6,3 10 16

Jeder Wert ist ca. 60% größer als der jeweils vorherige.

Es ist völlig ausgeschlossen ein Regelventil zu finden, das genau den gewünschten Druckverlust für die Nenndurchflußmenge hat. Wenn beispielsweise ein Regelventil einen Druckverlust von 10 kPa für den Nenndurchfluß haben soll, kann es sein, daß das Ventil mit dem nächst höheren K_{vs} -Wert einen Druckverlust von nur 4 kPa erzeugt, während das Ventil mit dem nächst kleineren K_{vs} -Wert einen solchen von 26 kPa hat.

Δp (bar), q (m^3/h)	Δp (kPa), q (l/s)	Δp (mm WG), q (l/h)	Δp (kPa), q (l/h)
$q = K_v \sqrt{\Delta p}$	$q = K_v \sqrt{\Delta p}$	$q = 10 K_v \sqrt{\Delta p}$	$q = 100 K_v \sqrt{\Delta p}$
$\Delta p = \left(\frac{q}{K_v}\right)^2$	$\Delta p = \left(36 \frac{q}{K_v}\right)^2$	$\Delta p = \left(0.1 \frac{q}{K_v}\right)^2$	$\Delta p = \left(0.01 \frac{q}{K_v}\right)^2$
$K_v = \frac{q}{\sqrt{\Delta p}}$	$K_v = 36 \frac{q}{\sqrt{\Delta p}}$	$K_v = 0.1 \frac{q}{\sqrt{\Delta p}}$	$K_v = 0.01 \frac{q}{\sqrt{\Delta p}}$

Einige Auslegungsformeln, die Durchflußmengen, K_v -Werte und Δp beinhalten. ($\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$).

Hinzu kommt, daß oftmals Pumpen und Wärmeverbraucher aus den gleichen Gründen überdimensioniert sind. Dies bedeutet, daß Regelventile häufig nahe des Schließbereichs arbeiten müssen, was zu einer instabilen Regelung führt. Es ist auch möglich, daß solche Ventile periodisch voll öffnen, insbesondere bei der Inbetriebnahme dieses Regelkreises. Die Folge ist dann ein zu großer Durchfluß in dessen Wärmeverbrauchern und eine zu geringe Beaufschlagung in anderen Kreisen. Wir sollten deshalb folgende Frage stellen:

Was macht man mit überdimensionierten Regelventilen?

Wir haben bereits gesehen, daß wir im Regelfall nicht genau das Ventil finden, das wir eigentlich wollen.

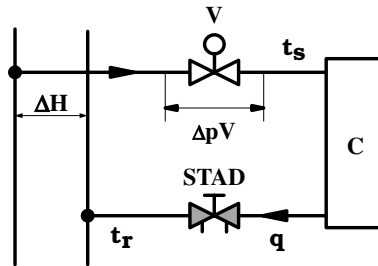
Nehmen wir z.B. einen Wärmeverbraucher mit 2000 Watt, der für eine Spreizung von 20 K ausgelegt ist. Sein Druckverlust wäre z.B. 6 kPa für die Sollwassermenge von $2000 \times 0,86/20 = 86 \text{ l/h}$. Der verfügbare Differenzdruck sei beispielsweise 32 kPa und die Druckverluste in Rohrleitungen, Armaturen und Fittings wären 4 kPa. Die Differenz ist $32 - 6 - 4 = 22 \text{ kPa}$. Dieser Wert müßte über das Regelventil abgebaut werden. Der erforderliche K_{vs} -Wert ist 0,183.

Wenn der kleinste verfügbare K_{vs} -Wert in diesem Beispiel 0,25 wäre, ergibt sich hieraus eine Durchflußmenge von 104 l/h an Stelle der geforderten 86 l/h, eine Erhöhung also von 21%.

In Anlagen mit variablem Durchfluß ist der Durchflußwiderstand der Wärmeverbraucher ebenfalls variabel, weil der Druckverlust in Rohren usw. von der Durchflußmenge abhängig ist. Regelventile werden für den Anlagensollwert ausgelegt. Bei Kleinlast steigt der maximal verfügbare Durchfluß in allen Anlagenteilen an, und es gibt kein Risiko einer Unterversorgung einzelner Anlagenteile. Unter Auslegungsbedingungen, und wenn Vollast gefordert wird, ist es dagegen sehr wichtig, zu große Durchflußmengen zu vermeiden.

a- Durchflußbegrenzung durch den Einsatz eines Strangreguliertventils in Serie

Wenn der Durchfluß in einem Regelventil unter Auslegungsbedingungen größer ist als notwendig, kann ein Strangreguliertventil in Serie verwendet werden, um diesen Durchfluß zu begrenzen. Dies verändert nicht die Autorität des Regelventils und wir verbessern sogar noch seine Charakteristik (siehe Seite 41). Das Strangreguliertventil ist gleichzeitig ein Diagnoseinstrument und ein Absperrventil.



Ein Strangreguliertventil begrenzt die Durchflußmenge im Regelventil, ohne dessen Autorität β' zu verändern.

b - Begrenzung des maximalen Ventilhubes

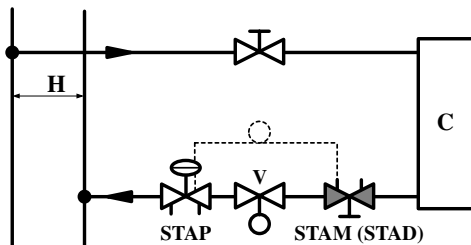
Um die Überdimensionierung eines Regelventiles zu kompensieren, kann der Ventilhub begrenzt werden. Diese Lösung kann für gleichprozentige Ventile angewendet werden, da deren maximaler Kv-Wert entscheidend durch eine entsprechende Begrenzung des maximalen Ventilhubes reduziert wird. Wenn der Ventilöffnungsgrad um 20% verringert wird, wird der maximale Kv-Wert um 50% verringert.

In der Praxis erfolgt die Einregulierung durch Strangreguliertventile, die sich in Serie mit dem voll geöffneten Regelventil befinden. Die in Serie geschalteten Strangreguliertventile werden in jedem Kreis nacheinander so eingestellt, daß ihr Druckverlust 3kPa beträgt.

Danach wird der Ventilhub so weit begrenzt, daß die 3 kPa im Strangreguliertventil erhalten bleiben. Da jetzt die gesamte Anlage einreguliert ist und auch bleibt, werden später unter Auslegungsbedingungen die richtigen Wassermengen erreicht.

c - Durchflußreduzierung durch die Verwendung eines Differenzdruckregelventils in Serie

Der Druckverlust über ein Regelventil bei Nenndurchflußmenge kann entsprechend der unten stehenden Abbildung stabilisiert werden.



Ein Differenzdruckregler hält den Differenzdruck über ein Regelventil konstant.

Der Sollwert des Differenzdruckreglers STAP wird so gewählt, um die Nenndurchflußmenge bei voll geöffnetem Regelventil zu erhalten. In diesem Fall ist das Regelventil niemals überdimensioniert. Die Autorität ist nahe 1. Der Einregulierungsvorgang wird auf Seite 10 beschrieben.

Einige Daumenregeln

Wenn Durchgangsventile an Wärmeverbrauchern eingesetzt werden, sind die meisten Ventile im Kleinlastbereich mehr oder weniger geschlossen. Da der Druckverlust für Rohrleitungen und Fittings bei kleinen Durchflußmengen sehr gering ist, kann er vernachlässigt werden. Die gesamte Pumpenleistung steht praktisch als Differenzdruck am Ventil an, das diesem Druck entsprechen muß. Dieser Anstieg des Differenzdrucks macht die Regelung bei kleinen Durchflußmengen sehr schwierig, da die tatsächliche Ventilautorität β' stark verringert wird.

Nehmen wir an, daß ein Regelventil für einen Druckverlust von 4% der gesamten Pumpenförderhöhe ausgelegt wurde. Wenn die Anlage mit kleinen Durchflußmengen arbeitet, erhöht sich der Differenzdruck über das Regelventil von 4 auf annähernd 100%. Er ist also 25mal größer. Für die gleiche Ventilöffnung sind alle Durchflußmengen mit 5 zu multiplizieren ($\sqrt{25} = 5$).

Das Ventil ist gezwungen, ganz nahe seiner Schließposition zu arbeiten. Dies kann zu Geräuschentwicklung und starkem Pendeln führen (unter diesen neuen Arbeitsbedingungen ist das Ventil 5mal überdimensioniert).

Ein Grund, weshalb manche Fachleute eine Auslegung empfehlen, in der der Auslegungsdruckverlust über das Regelventil etwa 25% der gesamten Pumpenförderhöhe entspricht. In diesem Fall ergibt sich im Kleinlastbereich eine Überdimensionierung des Regelventils, die einen Faktor von 2 nicht übersteigt.

Es ist allerdings nicht sehr einfach, geeignete Regelventile zu finden, die bei so hohen Differenzdrücken ohne Geräuschbildung arbeiten können. Es ist darüberhinaus auch außerordentlich schwierig, Ventile mit einem so kleinen Kv-Wert zu finden, die den vorgenannten Kriterien entsprechen. Dies insbesondere, wenn es um die Regelung von sehr kleinen Wärmeverbrauchern geht. In diesem Fall müssen die Schwankungen des Differenzdrucks in einer Anlage begrenzt werden, indem man beispielsweise eine Sekundärpumpe einsetzt.

Zieht man auch diesen zusätzlichen Punkt noch mit in Betracht, dann muß die Dimensionierung eines Zweiwegregelventils die folgenden Bedingungen erfüllen:

1. Bei normalen Betriebsbedingungen muß der Durchfluß über das voll geöffnete Ventil dem Nenndurchfluß entsprechen. Ist der Durchfluß größer, muß ein Strangreguliertventil in Serie geschaltet werden, um die Durchflußmenge zu begrenzen. Eine Autorität von 0,3 ist dann in Verbindung mit einem PI-Regler tragbar. Bei kleinerer Autorität müßte das Regelventil durch das nächst kleinere ersetzt werden.

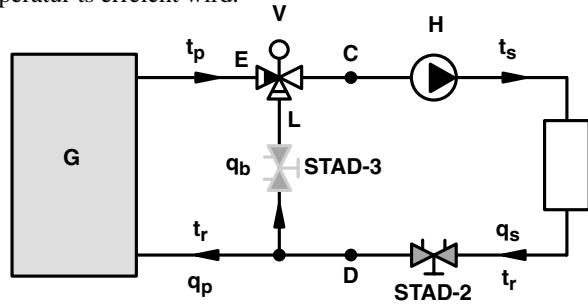
2. Die Förderhöhe der Pumpe muß so gewählt werden, daß die Durchgangsregelventile mit ca. 25% der gesamten Pumpenförderhöhe ausgelegt werden können.

Für On-Off Regler spielt die Ventilautorität keine Rolle, da die Ventile entweder offen oder zu sind. Ihre Charakteristik ist deshalb auch nicht besonders wichtig. In solchen Fällen muß nur die maximale Durchflußmenge mit Hilfe eines in Serie installierten Strangreguliertventiles begrenzt werden.

B.1 Als Mischventil

Ein Dreiwegventil, eingebaut als Mischventil, kann einen Verbraucherkreis mit einer konstanten Wassermenge und variablen Vorlauftemperaturen versorgen.

Das Primärwasser mit dem Temperaturniveau t_p wird mit dem Rücklaufwasser der Temperatur t_r im notwendigen Verhältnis so gemischt, daß die gewünschte Mischtemperatur t_s erreicht wird.



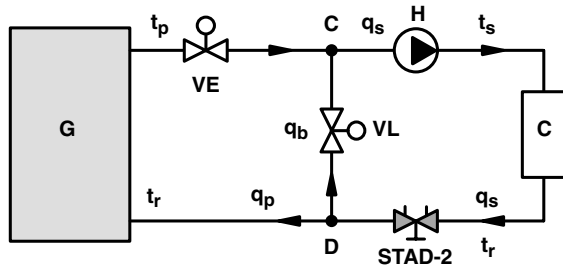
Dreiwegventil mit Mischfunktion.

Wenn das Tor E öffnet, schließt sich das Tor L im gleichen Verhältnis. Das dritte, gemeinsame Tor bleibt offen. Wenn Tor E geschlossen ist, ist das Dreiwegventil geschlossen, und keine Energie wird von der Primärseite abgezogen. Die Temperatur t_s wird dann gleich der Temperatur t_r , beide entsprechen nach einer gewissen Zeit mehr oder weniger der Raumtemperatur.

Mit dem Strangreguliertventil STAD-2 wird die gewünschte Nenndurchflußmenge eingestellt. Im Prinzip muß mit Hilfe von STAD-3 im Bypass der gleiche Widerstand wie über dem Wärmeverbraucher G aufgebaut werden, damit die Durchflußmenge q_s immer gleich ist, unabhängig davon, ob das Dreiwegventil offen oder geschlossen ist. In diesem Fall ist auch das Dreiwegventil komplett einreguliert.

Die Autorität des Dreiwegventils

Wenn wir das Dreiwegventil gegen zwei Durchgangsventile, die gegenläufig arbeiten, austauschen, erreichen wir die gleiche Mischfunktion.



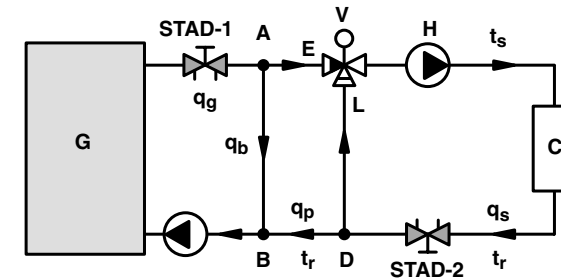
Ein Dreiwegventil kann durch zwei gegenläufig arbeitende Durchgangsventile ersetzt werden.

Das Ventil VE entspricht dann dem Regeltor. Sein Druckverlust bei Nenndurchfluß ist Δp_V . Wenn die Kreiswassermenge q_s konstant ist, ist auch die Pumpenförderhöhe H konstant. Das gleiche gilt auch für die Druckverluste im Kreis. Als Resultat davon ist auch der Differenzdruck Δp_{DC} konstant. Dieser Differenzdruck entspricht dem des geschlossenen Ventils VE. Die Ventilautorität wird also durch die Beziehung Δp (Ventil offen) zu Δp (Ventil geschlossen) ausgedrückt. Dies bedeutet:

$$\beta' = \frac{\Delta p_V}{\Delta p_{DC}} = \frac{\Delta p_V}{\Delta p_V + \Delta p_G}$$

Diese Autorität ist 0,5 oder größer, wenn $\Delta p_V \geq \Delta p_G$. Dies bedeutet, daß der Druckverlust im Dreiwegventil letztlich genauso groß sein muß, wie der Druckverlust im mit einer variablen Menge beaufschlagten Kreis G, einschließlich der zugehörigen Rohrleitungen.

Der untenstehende Regelkreis arbeitet mit konstantem Durchfluß auf der Wärmeerzeugerseite G, und die Autorität des Dreiwegventils ist nahezu 1.



Ein Bypass AB und eine Primärpumpe führen zu einem konstanten Durchfluß im Wärmeerzeuger und einer Autorität des Dreiwegventils von annähernd 1.

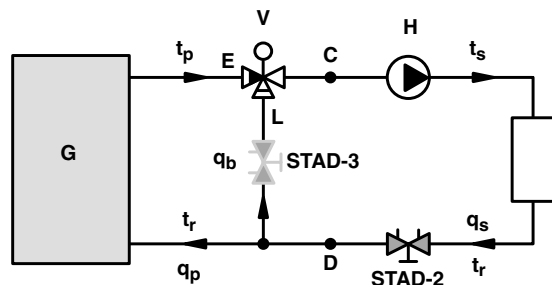
Die Anspeisung des Regelkreises über das Dreiwegventil erfolgt vom Punkt A, sein Rücklauf endet am Punkt B des Bypasses. Dieser Bypass entspricht einem differenzdrucklosen Wärmeerzeuger. In diesem Fall errechnet sich die Autorität des Dreiwegventils wie folgt:

$$\beta' = \frac{\Delta p_V}{\Delta p_V + \Delta p_{DBAE}}$$

Da Δp_{DBAE} sehr klein ist, entspricht die Autorität annähernd 1.

B.2 Als Verteilventil

Werden Dreiwegventile als Verteilventile eingesetzt, können sie einen Heizkreis mit einer variablen Wassermenge und konstanter Heizmitteltemperatur versorgen. Gleichzeitig halten sie die Primärdurchflußmenge konstant.



Verteilkreis mit einem Dreiwegverteilvertil.

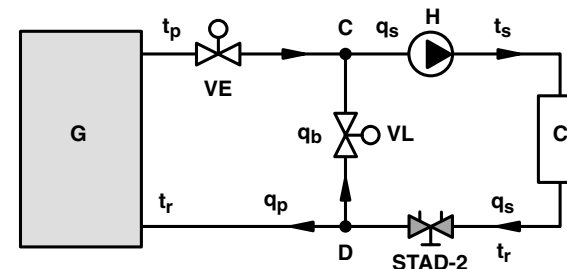
Die Primärwassermenge wird durch das Tor E zum Verbraucher oder durch das Tor L zum Bypass hin verteilt. Sie ist prinzipiell konstant. Das Strangregulierventil STAD-1, das im gemeinsamen mengenkonstanten Rücklauf installiert wird, begrenzt die Gesamtdurchflußmenge durch entsprechende Einstellung auf den Nenndurchfluß. Das als Verteilventil eingesetzte Dreiwegventil dient der Sicherstellung eines konstanten Primärdurchflusses und soll Beeinflussung verschiedener Kreise untereinander vermeiden. Es ist also logisch alle notwendigen Maßnahmen zu ergreifen, um sicherzustellen, daß diese Zielsetzung auch wirklich zufriedenstellend erreicht wird.

Zu diesem Zweck wird das Strangregulierventil STAD-3 im Bypass eingebaut. Mit seiner Hilfe wird ein Druckverlust aufgebaut, der dem des Wärmeverbrauchers C bei gleicher Wassermenge entspricht. Auf diese Art und Weise bleibt die Primärdurchflußmenge völlig unverändert, egal ob Tor E oder Tor L voll geöffnet ist. Die hydraulischen Widerstände in Serie zu diesen Toren haben den jeweils gleichen Wert.

Das wichtigste Strangregulierventil ist STAD-1. Auf STAD-3 kann verzichtet werden, wenn Δp_C kleiner ist als $0,25 \Delta H$.

Bitte beachten Sie:

Dreiwegventile sind im Regelfall als Mischventile konzipiert: sie haben zwei Eingangs- und ein Ausgangstor. Der Einsatz als Verteilventil mit einem Eingang und zwei Ausgängen führt zu einem Durchfluß entgegen den ursprünglich geplanten Richtungen. Bei manchen Ventilkonstruktionen kann diese Durchflußumkehr zu erheblichen Geräuschproblemen und zum Klappern der Ventilkegel führen.



Verteilkreis mit einem Dreiwegmischventil.

Aus diesem Grund empfiehlt sich eine Verteilfunktion mit einem Dreiwegmischventil im Rücklauf, wie im oben genannten Schema gezeigt. Seine ursprünglichen Funktionen bleiben unverändert. Die Durchflußrichtung durch das Ventil entspricht der Grundkonstruktion. In beiden Fällen ist die Ventilautorität:

$$\beta' = \frac{\Delta p_V}{\Delta p_V + \Delta p_C}$$

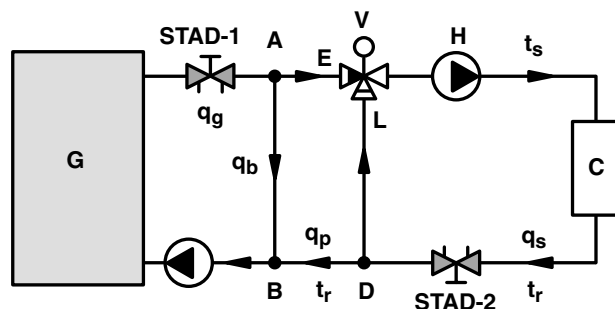
Um eine Autorität von mindestens 0,5 sicherzustellen, muß der Druckverlust im Dreiwegventil mindestens gleich groß oder größer sein als der Druckverlust über dem Wärmeverbraucher C.

Anhang C Einsatz von BPV zur Sicherstellung von Minstdurchflußmengen für Umwälzpumpen

In manchen Fällen wird ein BPV Überströmventil installiert, um eine Minstdurchflußmenge zur Sicherung der Umwälzpumpen, wie in diesem Beispiel gezeigt, zu erreichen. Ist diese Minstdurchflußmenge z.B. 10% der Nenndurchflußmenge, dann ist der Druckverlust im Strangreguliertventil STAD-2 nur 1% des Druckverlustes bei Nenndurchfluß. Normalerweise ist dies ein viel zu kleiner Wert, um eine exakte Messung durchführen zu können. Wie aber können wir eine solch kleine Durchflußmenge wie q_{smin} messen? Wir verwenden die folgende Methode:

- a) Stellen Sie fest, welche Voreinstellung von STAD-2 einen Druckverlust von 3 kPa bei der Mindestpumpenfördermenge q_{smin} , z.B. 10% des Nenndurchflusses, verursacht. CBI oder ein TA Nomogramm zur Wahl der richtigen Einstellung verwenden.
- b) Stellen Sie STAD-2 vorübergehend auf diese Handradposition ein und schließen Sie die Regelventile.
- c) Öffnen Sie das BPV langsam, Schritt für Schritt, bis Sie die Minimumpumpenfördermenge q_{smin} über das STAD-2 messen können.
- d) Öffnen Sie STAD-2 wieder auf seinen ursprünglichen Voreinstellwert.

Wenn die Regelventile der Wärmeverbraucher schließen und die Durchflußmenge q_s unter den festgelegten Minimalwert von q_{smin} abfällt, beginnt das BPV zu öffnen. Über BPV wird jetzt so lange die Durchflußmenge q_{smin} gefördert, wie die Durchflußmenge q_s in den Wärmeverbraucherventilen unterhalb dieses Wertes q_{smin} liegt.



Diese Methode kann nur angewandt werden, wenn die Meßeinrichtung einer variablen Meßblende entspricht, wie dies beim STAD Ventil der Fall ist.

Anhang D Begriffsbestimmungen

Automatisch: Alle Funktionen, die ohne menschliches Eingreifen ablaufen.

Autorität: Siehe Anhang A Zweiwegventile und Anhang B Dreiwegventile in diesem Handbuch.

Beeinflussung: Zwei Regelkreise beeinflussen sich dann, wenn Veränderungen in den Durchflußmengen eines Kreises die Durchflußmengen des anderen Kreises beeinflussen.

Differenzdruck: Die Druckdifferenz, die zwischen zwei Punkten eines hydraulischen Systems gemessen werden kann.

Druckverlust: Der Druckverlust, der entsteht, wenn Wasser durch z.B. Rohrleitungen oder Armaturen fließt, die einen hydraulischen Widerstand bieten.

Einregulierung: Messen und Einstellen von Differenzdrücken in hydraulischen Rohrleitungssystemen, um die Nenndurchflußmengen sicherzustellen.

Einregulierung Total: Ein von TA entwickeltes System, um ein richtiges und stabiles Raumklima mit Hilfe eines dynamischen Optimierungsprozesses des hydraulischen Systems sicherzustellen. Dieses System beinhaltet die folgenden fünf Schritte:

- 1) Stellen Sie sicher, daß die Regelanlage und das hydraulische System aufeinander abgestimmt, einander angepaßt sind.
- 2) Wählen Sie die geeigneten Regler und die richtige Ventilcharakteristik für die Regelventile.
- 3) Stellen Sie die richtigen Arbeitsbedingungen für die Regelventile unter allen Betriebsbedingungen sicher.
- 4) Sorgen Sie dafür, daß die Nenndurchflußmengen an allen Wärmeverbrauchern und unter allen Betriebsbedingungen zur Verfügung stehen.
- 5) Stellen Sie sicher, daß die transportierten Energiemengen an allen Schnittpunkten der Anlage übereinstimmen.

EQM: Gleichprozentig modifizierte Ventilcharakteristik. Sie vermeidet einen Durchflußstillstand bei annähernd geschlossenem Ventil.

Gesamtdruck: Die Summe des statischen und dynamischen Drucks am jeweiligen Punkt der Anlage.

Gleichheit (Vergleichbarkeit): Zwei Kreise sind hydraulisch gleich (vergleichbar), wenn die Wassermengen in jedem Kreis sicherstellen, daß die gewünschten Temperaturen erreicht werden. Die transportierten Energiemengen müssen gleich groß sein.

Heizkreis: Alle Rohrleitungen, Armaturen und Fittings, die erforderlich sind um Wärmeerzeuger, Regelkreise und Wärmeverbraucher miteinander zu verbinden und den notwendigen Energietransport sicherzustellen.

Instabilität: Ein Regelkreis ist instabil, wenn die geregelten Größen ständig schwanken und zu keinem festen Wert kommen. Außer den extremen Lastzuständen 0 oder Maximum ist z.B. ein On-Off Regler typisch instabil.

Anhang D Begriffsbestimmungen

Pumpenförderhöhe: Der in einer Umwälzpumpe erzeugte Differenzdruck, der geeignet ist, eine definierte Wassermenge oder andere Flüssigkeit innerhalb eines Rohrleitungssystems in einer definierten Zeiteinheit zu transportieren.

Raumklima: In einem Gebäude oder Gebäudeteil tatsächlich vorherrschende oder durchschnittliche Bedingungen (Lufttemperatur, Temperatur der Umfassungsflächen, relative Luftfeuchtigkeit, Luftbewegung), die das Empfinden von Behaglichkeit oder Unbehaglichkeit ergeben.

Regelkreis: Jeder Heizkreis, der mit einem automatischen Zwei- oder Dreiwegventil ausgestattet ist. Ein Regelkreis ist aber auch die komplette Einrichtung einer Regelanlage, die dazu dient, die gewünschten und richtigen Temperaturen zum richtigen Zeitpunkt automatisch sicherzustellen.

Schnittpunkt: Der Punkt, an dem zwei Kreise zusammentreffen und an dem generell ein Energieaustausch stattfindet. Die beiden Kreise werden zur besseren Unterscheidung als Primär- oder Sekundärkreis bezeichnet. Grundsätzlich wird unter normalen Betriebsbedingungen Energie vom Primärkreis zum Sekundärkreis transportiert.

Sollwert (Nennwert): Die Durchflußmenge, die Temperatur oder andere physikalische Größe, die vom Planer ermittelt oder festgelegt wurde, um in einem System die gewünschten Betriebsverhältnisse her- bzw. sicherzustellen. Diese Werte werden mit dem Index "c" gekennzeichnet.

Sollwert: Ein vom Nutzer festgelegter Wert innerhalb eines Regelkreises, um einen gewünschten Betriebszustand zu erreichen. Die Aufgabe des Reglers ist es, diesen physikalischen Wert unabhängig von den Störungen und Einflüssen im geregelten System so genau wie möglich einzuhalten.

Temperaturverlust (-anstieg): Die Temperaturdifferenz des Wassers zwischen Vor- und Rücklaufleitung bzw. die Temperaturdifferenz zwischen zwei Punkten eines Heizkreises.

Übereinstimmung: Siehe auch Gleichheit. Die jeweiligen in einem zusammengehörigen Primär- und Sekundärkreis transportierten Energiemengen müssen übereinstimmen.

Überströmventil: Ein automatisches, druckgesteuertes Ventil, das proportional zum Druckanstieg über den eingestellten Sollwert öffnet. Es kann eine, zwei oder drei der folgenden Funktionen beinhalten: (1) Stabilisierung des Differenzdrucks über ein Regelventil, (2) eine Minimaldurchflußmenge zur Sicherung einer Pumpe gewährleisten und (3) den Temperaturverlust oder -anstieg in Rohrleitungen begrenzen.

Ventilcharakteristik: Die Beziehung zwischen Durchflußmenge durch ein Ventil und dem Ventilhub unter der Voraussetzung, daß der Differenzdruck über dem Ventil gleich bleibt. Durchflußmenge und Hub werden jeweils als Prozentwerte ihres Maximalwertes angegeben.

Wärmeverbraucher: Jede Art von Einrichtung, über die Wärme oder Kälte direkt an einen Raum abgegeben wird (Heizkörper, Lufterhitzer usw.).