

Hydraulischer Abgleich leicht gemacht

Kombiventile für mehr Komfort

Im so genannten Nicht-Wohnbau gehört heute neben der Heizung vielfach auch eine Kühlung zur Haustechnik. Häufig finden sich hier Systeme, die sich zum Heizen und Kühlen gleichermaßen einsetzen lassen. Dies können klassische Umluftgeräte, Fan-coils, Kühlsegel, Kühldecken, Kühlbaffeln oder auch eine so genannte Bauteilaktivierung sein. Die Netze sind in der Regel als Vierleitersysteme für Heizen und Kühlen oder als Zweileitersystem mit zentraler Umschaltung ausgeführt.

Klassischer Netzaufbau in Umlenkschaltung

Bei einem klassischen Aufbau sind die Anlagen meist als volumenstromkonstante Netze aufgebaut. Hydraulisch ist der Verbraucher (beispielsweise ein Fancoil) in Form einer Umlenkschaltung, also mit einem Bypass versehen, ins Netz eingebunden. Vom Regelventil für die Raumtemperaturregelung wird das Medium dann je nach Temperaturanforderung zum Verbraucher weitergeleitet, oder am Verbraucher vorbei, über den Bypass, direkt in den Rücklauf geleitet. Als Regelventile kommen zumeist spezielle Dreiegeventile zum Einsatz. Auf diese Weise wird der Verbraucher lastabhängig versorgt, während der Volumenstrom in der Anlage konstant bleibt. Ein solcher Systemaufbau setzt einen genauen hydraulischen Abgleich des Netzes voraus, um alle Verbraucher gleichmäßig mit dem Medium zu versorgen.

In vielen Heizungsanlagen wird eine ungleichmäßige Wärmeverteilung in Folge eines fehlenden Abgleichs lediglich durch Veränderung der Systemtemperatur (Vorlauftemperatursteigerung), der Spreizung oder der Pumpenleistung „behoben“. Der dadurch überhöhte Primärenergieverbrauch bleibt vom Anlagenbetreiber mangels Vergleichsmöglichkeit meist unbemerkt. Zu hohe Differenzdrücke sind auch die Ursache für Strömungsgeräusche an den Regelventilen.

Kühlanlagen werden mit niedrigen Systemtemperaturen sowie geringer Spreizung und, im Vergleich zu Heizungsanlagen, großen Volumenströmen betrieben. Ein mangelhafter Abgleich der Anlage fällt also viel schneller auf, da es hier weniger „Ausgleichsmöglichkeiten“ gibt.

Abgleich bei konstanten Volumenströmen

Bei einem fachgerechten hydraulischen Abgleich werden die Regelventile durch den Einbau und das Einstellen zusätzlicher Widerstände – meist Strangventile – von zu hohen Differenzdrücken und überhöhten Volumenströmen freigestellt. Für den Abgleich eines solchen Netzes stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung. Eine klassische Methode, gerade bei größeren volumenstromkonstanten Anlagen, ist der statische hydraulische Abgleich durch den Einsatz von Mess- und Drosselarmaturen. Hierbei werden den Verbrauchern und Regelventilen manuelle Strangventile vorgeschaltet. Die einzelnen Anlagenabschnitte erhalten ebenfalls manuelle Strangventilen, die das Gruppenventil – auch Partnerventil genannt – für die nachgeschalteten Strangventile an den Verbrauchern bilden. Mit Hilfe von Differenzdruck- und Volumenstrommessgeräten werden die Strangventile nach der so genannten Proportionalmethode dann ausgehend vom hydraulisch ungünstigsten Ventil einreguliert.

Nach Herstellerangaben ist so von einem durchschnittlichen Arbeitsaufwand von etwa einer Mannstunde je Ventil auszugehen. Computergestützte Verfahren sollen den Aufwand um die Hälfte reduzieren. Selbstverständlich sind während der Einregulierung die Pumpen auf die projektierten, konstanten Betriebsbedingungen einzustellen.

Die Antriebe auf den Regelventilen sind so zu justieren, dass der Nenn-durchfluss erreicht wird. Ausreichend Personal mit entsprechender Erfah-



Bild 1 • Das AB-QM von Danfoss kombiniert ein Regelventil mit einem automatischen Ventil für den hydraulischen Abgleich in einem Gehäuse.

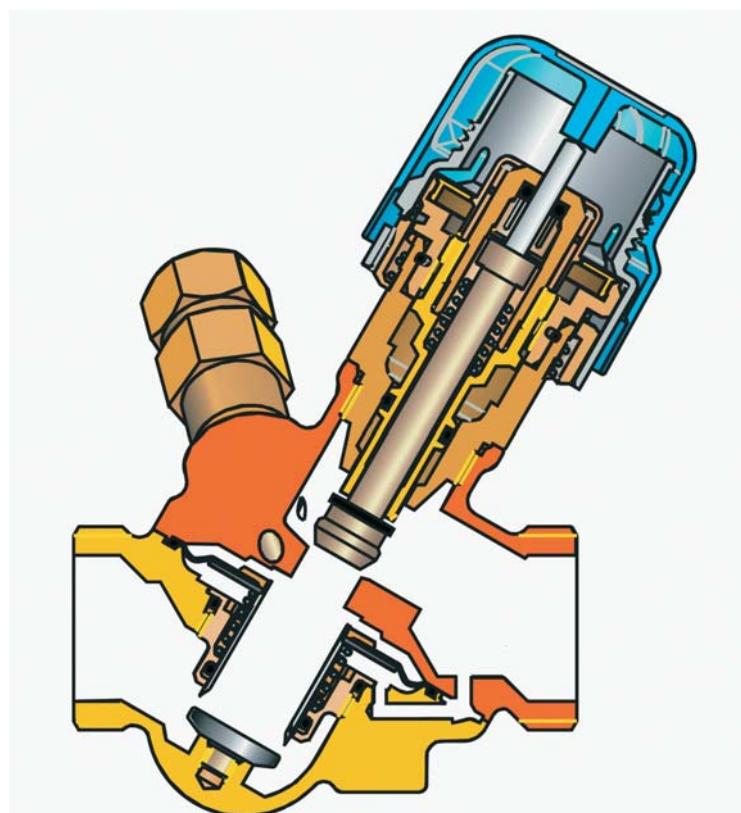


Bild 2 • Im Schnitt durch das Ventil ist erkennbar, wie das Regelventil direkt in den Volumenstromregler integriert ist.

rung, spezielles Werkzeug sowie weitere Hilfsmittel sind also erforderlich. Erschwert werden die Arbeiten zum Teil durch die Installation der Rohrleitungen und Regulierventile: Oft sind diese unter der Decke hinter Verkleidungen zu finden und nur mit einer Leiter zu erreichen. Ist der Abgleich einmal vorgenommen, sollte der Ein-

stellwert nachträglich nicht verändert werden, da dies Auswirkungen auf die ganze Anlage haben kann. In jedem Fall werden die Kosten für die fachgerechte Einregulierung leicht den reinen Materialwert der Ventile übersteigen. Bei der Angebotsabgabe wird dies allerdings oft übersehen.

Netzaufbau mit Drossel-schaltung

In einem volumenstromkonstanten Netz – der Name sagt es bereits – fährt die Pumpe immer mit konstanter Leistung. Da die Leistungsaufnahme einer Pumpe exponentiell mit dem umgewälzten Volumenstrom zusammenhängt, lässt sich gerade bei großen Anlagen mit entsprechend hohem Volumenstrom durch den Einsatz einer geregelten Pumpe sehr viel Energie einsparen. Dies ist einer der Gründe, warum heute viele Netze als volumenstromvariable oder mengenvariable Netze ausgeführt werden. In einem solchen System entfällt der Bypass am Verbraucher. Das Regelventil ist in Form einer Drosselschaltung dem Verbraucher vorgeschaltet. Bei einem Regeleingriff reduziert das Regelventil die zum Verbraucher fließende Wassermenge. Damit wird jedoch automatisch auch der Volumenstrom im gesamten Netz geringer.

Abgleich bei variablen Volumenströmen

Der hydraulische Abgleich vieler solcher Anlagen wird gewohnheitsmäßig wie der bei volumenstromkonstanten Systemen durchgeführt: Beim statischen hydraulischen Abgleich kommen manuelle Drosselventile zum Einsatz. Jedem Verbraucher beziehungsweise Regelventil wird ein manuelles Strangregelventil vorgeschaltet. Mehrere Strangventile werden in einem Anlagenabschnitt mit Gruppenventilen zusammengefasst. Doch dieser, bereits beschriebene, statische Abgleich funktioniert bei Systemen mit variablen Volumenströmen nur im Auslegungs- oder Vollastfall.

Auswirkungen des statischen Abgleichs bei Teillast

Die überwiegende Zeit arbeiten die Anlagen jedoch bei Teillast. Die Regelung der Raumtemperatur an einem einzelnen Verbraucher hat deshalb bei der Drosselschaltung immer Rückwirkungen auf andere Verbraucher. Im Teillastfall verringert sich der in einem Anlagenabschnitt fließende Volumenstrom. Mit zurückgehendem Volumenstrom reduzieren sich aber auch die Druckverluste in den Rohrlei-

tungen und in den fest eingestellten Regulierventilen. Zwischen Volumenstrom und Druckverlust besteht bekanntlich ein quadratischer Zusammenhang. Das heißt, bei halbiertem Volumenstrom sinken die Druckverluste in den Rohrleitungen und den Regulierventilen auf ein Viertel des ursprünglichen Wertes. Bei konstantem Pumpendruck verlagern sich die Druckverluste nun von den Leitungen und den Regulierventilen auf die Regelventile. Die Differenzdrücke steigen also hier an. Der erhöhte Differenzdruck am Regelventil führt zu einem größeren Volumenstrom durch den Verbraucher. Die Folge ist eine unerwünschte Änderung der Raumtemperatur, die von einem erneuten Eingriff der Raumtemperaturregelung durch eine weitere Drosselung des Regelventiles kompensiert werden muss: Die Raumtemperatur schwankt.

Anforderungen an die Anlagentechnik

Bei der Auswahl der eingesetzten Regelventile ist darauf zu achten, dass diese eine ausreichende Ventilautorität aufweisen. Die Ventilautorität, definiert als Verhältnis des Differenzdruckes am Ventil zum Gesamtdifferenzdruck

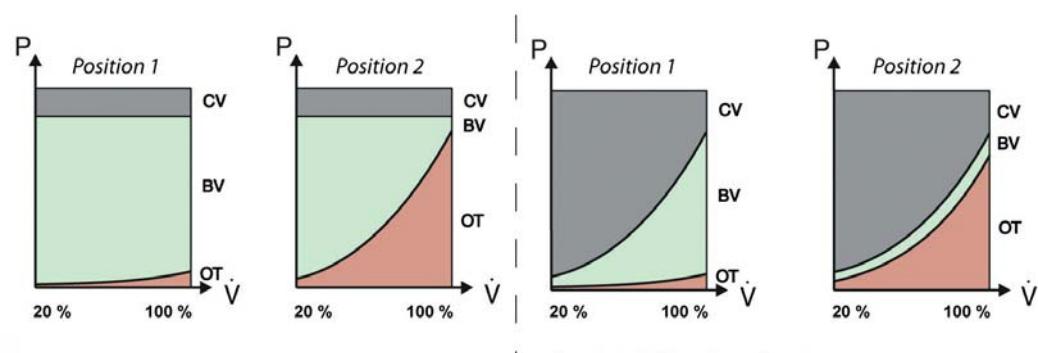
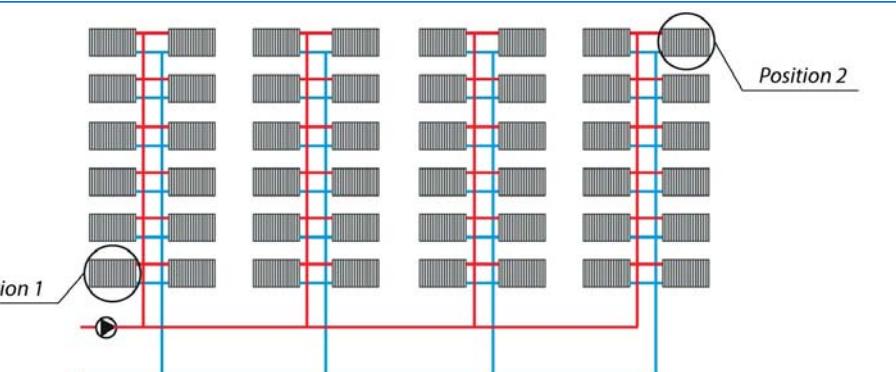
$$a_v = \frac{\Delta p_{ventil}}{\Delta p_{ventil} + \Delta p_{system}}$$
, ist ein Maß für die Fähigkeit des Regelventiles, den Durchfluss zu variieren. Je geringer die Ventilautorität, desto schlechter die Möglichkeit des Ventiles den Volumenstrom zum Verbraucher zu variieren. Über die Ventilautorität lässt sich so auch der Einfluss des steigenden Differenzdruckes am Ventil ausdrücken. Die Ventilautorität kann maximal den Wert eins erreichen: Dann ist der Differenzdruck am Ventil gleich dem maximal anstehenden Differenzdruck. Druckschwankungen in der Anlage haben keinen Einfluss mehr auf das Regelventil. Als Faustregel gilt, dass die Autorität von Regelventilen mindestens $a_v = 0,3$ sein sollte. Um eine möglichst hohe Ventilautorität zu erreichen, wird bei der Projektierung einer Anlage meist ein möglichst großer Differenzdruck im Regelventil verglichen mit dem Diffe-

renzdruck in der Anlage gewählt. Hierzu können beispielsweise die Rohrleitungen überdimensioniert werden. Je geringer der Druckverlust in den Rohrleitungen, desto höher der am Regelventil zur Verfügung stehende Differenzdruck. Gleichzeitig ist darauf zu achten, dass dieser am Regelventil nicht zu störenden Strömungsgeräuschen führt.

Zusammenfassend stellen sich bei der Planung und Ausführung einer modernen Anlage mit variablen Volumenströmen also verschiedene Probleme: Der Planer wünscht Ventile mit möglichst hoher Ventilautorität. Die bei Netzen mit konstanten Volumenströmen erfolgreich eingesetzten Verfahren zum hydraulischen Abgleich sind zeitintensiv und damit teuer. Gleichzeitig führen sie zu Problemen bei Teillast durch ansteigende Differenzdrücke. Raumtemperaturschwankungen und eventuell Strömungsgeräusche sind die Folge.

Dynamischer hydraulischer Abgleich

Eine ganze Reihe neuer Konzepte tragen hier zu einer Verbesserung bei. Für den hydraulischen Abgleich beispielsweise wurden dynamische Ventile entwickelt. Diese sind oft als Volumenstromregler ausgeführt und arbeiten nach dem Wirkdruckprinzip. Sie halten den Differenzdruck über einer Messblende konstant. Aus der Größe der Messblende und dem konstanten Differenzdruck ergibt sich der konstante Volumenstrom. Die Einstellung des Volumenstromes erfolgt entweder über eine von außen verstellbare Messblende oder den Austausch der Blende; dies kann allerdings nicht unter Anlagendruck geschehen. Ein Volumenstromregler hält also den eingestellten gewünschten Volumenstrom unabhängig von Differenzdruckänderungen in der Anlage konstant. Die beim statischen Abgleich erforderlichen Gruppenventile können entfallen. Zur weiteren Vereinfachung gibt es Kombinationen von Volumenstromregler und Regelventil in einem Gehäuse. Bei den meisten Kombiventil-Konstruktionen sind Regelventil und Volumenstromregler in Reihe geschaltet. Das spart neben den hohen Kosten für den statischen



CV - Druckabfall am Regelventil BV - Druckabfall am Strangventil OT - Druckabfall im Rohrnetz

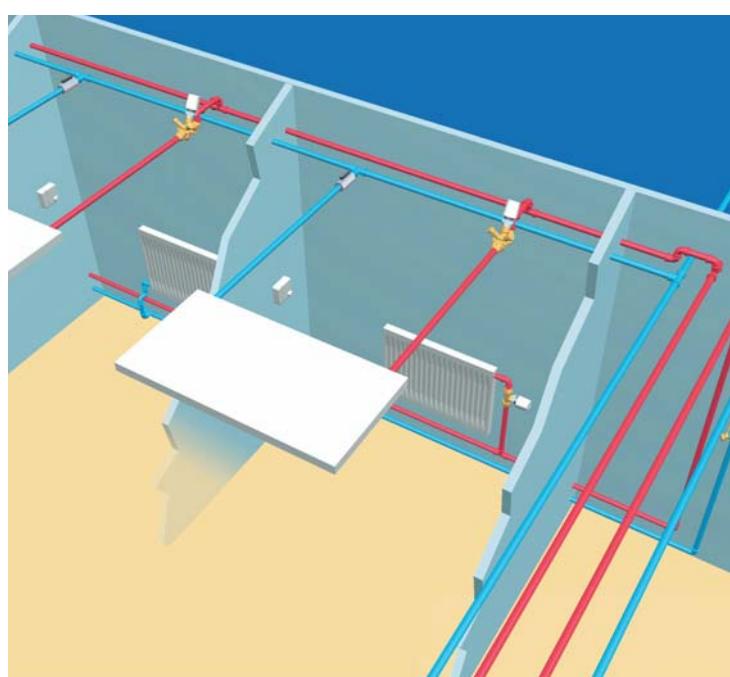


Bild 3 • Das automatische AB-QM-Kombiventil für Regelung und hydraulischen Abgleich bewirkt, dass nahe der Pumpe eingebaute Ventile ebenso wie weit entfernte unter gleichen Bedingungen arbeiten. Dies gilt für den Voll- als auch den Teillastfall und wäre bei einem statischen hydraulischen Abgleich nicht gewährleistet.

Abgleich Material- und Einbaukosten, da nur ein Ventil zu montieren ist.

Regelkonzepte im Vergleich

Sind Regelventil und Volumenstromregler lediglich in Reihe geschaltet, verlagert sich bei Teillast des nachgeschalteten Verbrauchers die Ventilautorität des Regelventiles auf den Volumenstromregler. Die Folge: Die Autorität des Regelventiles fällt. Der Volumenstromregler folgt in seiner Wirkungsweise der kv-Formel

$$k_v = \frac{V}{\sqrt{\Delta p}}$$

. Der kv-Wert und der Volumenstrom sind konstant, die einzige Variable ist der Differenzdruck. Drosselt das Regelventil die Wassermenge, verringert der in Reihe geschaltete Volumenstromregler seinen Druckverlust, um den ursprünglich eingestellten Volumenstrom zu ermöglichen. Vereinfacht ausgedrückt: Volumenstromregler und Regelventil arbeiten gegeneinander. Volumenstromregler und Regelventil in Reihe erfüllen also nur teilweise die Anfor-

Bild 4 • Schematische Darstellung einer im Vierleitersystem aufgebauten Anlage zum Heizen und Kühlen. Die Verbraucher sind in Form einer Drosselschaltung eingebunden, so dass sich ein Netz mit variablen Volumenströmen ergibt.

derungen der modernen Anlagen-technik nach einfacherem dynamisch-hydraulischen Abgleich und hoher Ventilautorität der eingesetzten Regelventile.

Neue Ventilkonstruktionen, wie das Kombiventil für Regelung und den dynamischen hydraulischen Abgleich Typ AB-QM von Danfoss, schließen dies dadurch aus, dass das Regelventil in den Volumenstromregler für den dynamischen hydraulischen Abgleich hineinkonstruiert ist und gleichzeitig als Volumenstromeinstellung dient.



Bild 5 • Kaum ein modernes Objekt, wie etwa der neue First Class-Terminal der Lufthansa am Frankfurter Flughafen, kommt heute ohne eine Kombination aus Heizung und Kühlung aus. Gefragt sind technische Lösungen, die Funktionssicherheit sowie Komfort bieten und gleichzeitig schnell installiert sind.

Fotos/Grafiken: 1 - 4: Danfoss, 5: Lufthansa

Dieses Konstruktionsprinzip bewirkt, dass eine Hubänderung des integrierten Regelventiles wie eine Veränderung der Volumenstromeinstellung wirkt. Der Differenzdruck über der Volumenstromeinstellung – hier gleich dem Regelventil – wird über eine Membran konstant gehalten. Der Differenzdruck am Regelventil entspricht dem maximal am Regelventil anstehenden Differenzdruck. Da das in AB-QM integrierte Regelventil also hydraulisch völlig entkoppelt ist, arbeitet es stets mit gleich bleibend hoher Ventilautorität. Die Raumtemperatur bleibt konstant und wird nicht von Lastschwankungen in der Anlage beeinflusst.

Der Abgleich einer Anlage mit modernen Kombiventilen ist denkbar einfach. Es muss lediglich die geforderte Wassermenge an der Einstellskala des Ventils eingestellt werden – fertig. Die zur Verfügung stehenden Ventilantriebe sind im Hub exakt dem Regelventil angepasst und werden von der Raumtemperaturregelung gesteuert. Eine optimale Leistungsanpassung der Verbraucher ist so bei allen Lastzuständen möglich; eine hohe Regelgüte sowie angenehme Raumtemperaturen sind gewährleistet. Durch den dynamischen Abgleich jedes einzelnen Regelventiles verbessert sich nicht nur die Qualität der Raumtemperaturregelung, auch die

notwendigen Stellbewegungen der Antriebe reduzieren sich. Das trägt zusätzlich zu einer längeren Lebensdauer der Antriebe bei.

Fazit

Moderne Anlagenkonzepte verlangen nach modernen Abgleichmethoden, variable Volumenströmen verlangen nach einem dynamischen Abgleich. Der Einsatz moderner Kombiventile, die Regelventil und Abgleichventil konstruktiv miteinander koppeln, reduziert den Installationsaufwand sowie die Materialkosten. Vor allem aber kann ein zeitaufwändiges Einmessen der Verbraucher entfallen. Zusätzliche Materialeinsparungen ergeben sich durch den Wegfall der beim manuellen Abgleich üblichen Gruppen- oder Partnerventile. Systemaufbau und Projektierung der Anlage sind weniger kompliziert. Die Überdimensionierung von Rohrleitungen für eine bessere Ventilautorität ist überflüssig. Vor allem aber gewährleisten moderne Konstruktionen auf einfache Weise eine gleich bleibend hohe Ventilautorität der integrierten Regelventile. Eine bessere Raumtemperaturregelung und somit ein höherer Komfort für den Kunden sind das Ergebnis.

Autor: Michael Hartmann, Produktmanager, Bereich Wärmeautomatik, Danfoss GmbH.