

Tipps für die Praxis

Welche Ventilautorität ist optimal

In der Schweiz werden jährlich gegen 100'000 Regelventile eingesetzt, die dann im Betrieb, entsprechend der gewählten Ventilautorität, zur Stabilität der betreffenden Regelkreise und zum Druckabfall in den zugehörigen hydraulischen Netzen beitragen. Zur Erinnerung: Die Ventilautorität sagt aus, wie gross der Druckabfall durch das 100% geöffnete Ventil im Verhältnis zum anstehenden Druck am geschlossenen Ventil ist.

Die Ventilautorität soll möglichst hoch, mindestens aber 0,5 sein, so lautet die branchenübliche Empfehlung, nach der heute noch die meisten Ventile dimensioniert werden. Man erreicht damit in der Regel gut funktionierende Regelkreise, liegt aber – bezüglich Druckverlust des Ventils – oft weit weg vom möglichen Optimum.

Diese Ausgabe unserer «Tipps für die Praxis» soll zeigen, dass es sich lohnt, etwas differenzierter mit der Ventilautorität umzugehen.

Erstes Ziel: Stabile Regelung

Stellt ein Regler eine Abweichung des gemessenen Ist-Wertes vom eingestellten Sollwert fest, dann muss er korrigierend eingreifen. Ob es sich bei diesem Regler um einen einfachen Analogregler oder um einen komplexen Digitalregler handelt, spielt beim prinzipiellen Vorgehen, diese Abweichung zu beseitigen, keine Rolle. Jeder Regler – ob einfach oder komplex – kann nur das Eine tun: Sein Stellglied öffnen oder schliessen. Stetig angetriebene Stellglieder können zwischen den Stellungen «zu»

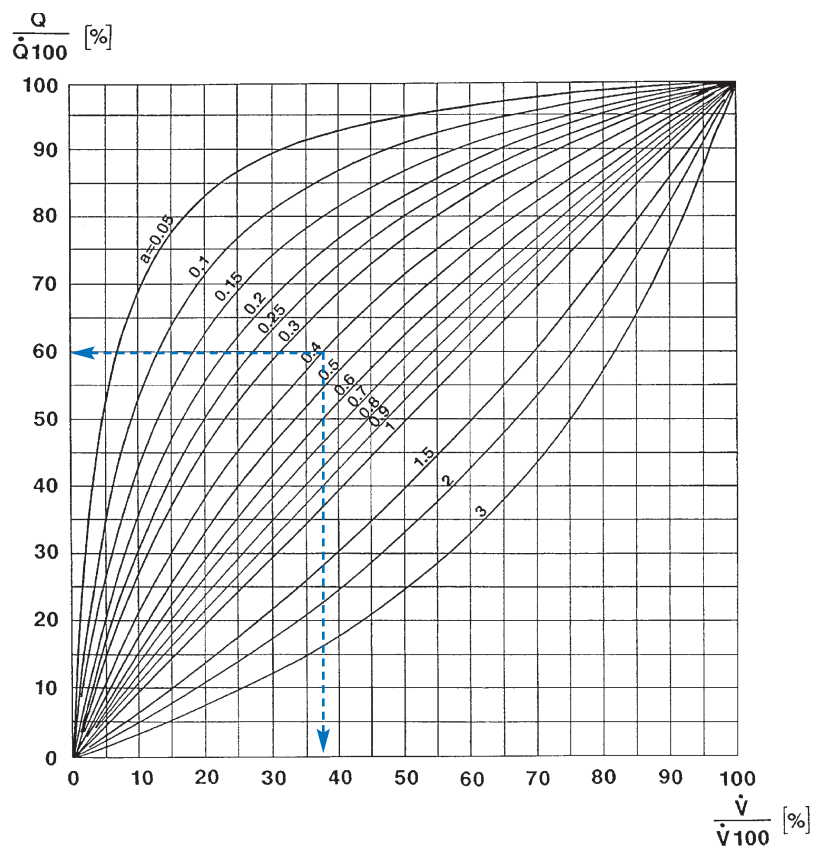


Bild 1: Wärmetauscher-Kennlinien zeigen die relative Wärmeübertragung, in Abhängigkeit vom relativen Volumenstrom durch das Regelventil, bei verschiedenen a-Werten.

Tipps für die Praxis

und «offen» in jede beliebige Zwischenstellung gefahren werden. Dabei ist der Regler darauf angewiesen, dass zwischen der Hubeinstellung des Ventils und der Leistungsübertragung des Wärmetauschers ein möglichst linearer Zusammenhang besteht. Konkret gesagt, müsste also z. B. bei 50% Hub auch 50% Leistung übertragen werden.

Nun machen es uns aber die Wärmetauscher nicht so leicht, dass sie ihre Wärmeübertragungsleistung linear mit dem vom Regelventil gesteuerten Durchfluss ändern. Je nachdem, wie sich die Temperaturverhältnisse im Wärmetauscher zwischen Vollast- und Schwachlastbetrieb ändern, ergibt sich ein Temperatur-Kennwert a , der in der Praxis etwa zwischen 0,05 und 3 liegen kann. Der a -Wert 1 ergibt eine lineare Kennlinie und wird in der Praxis nur bei einer Vorlauftemperatur-

regelung mit Mischventil erreicht. Je weiter sich der a -Wert von 1 entfernt, desto ausgeprägter wird die Nicht-Linearität der Wärmetauscher-Kennlinie. So ergibt beispielsweise die Kennlinie mit $a = 0,4$ eine relative Wärmeübertragung von 60% bei einem relativen Volumenstrom durch das Regelventil von ca. 38% (Bild1).

Aus regeltechnischer Sicht wäre es optimal, wenn die Krümmung der Wärmetauscher-Kennlinie durch eine entgegengesetzte Krümmung der Ventilkennlinie kompensiert werden könnte. Bezogen auf die vorgenannte Kennlinie mit a -Wert 0,4 müsste also eine Ventilkennlinie gefunden werden, die bei 60% Hub einen relativen Volumenstrom von ca. 38% bewirken würde. Resultierend würde dies eine Wärmeübertragung von 60% bei einem Ventilhub von 60% und damit

einen lineareren Zusammenhang zwischen Ventilhub und Wärmeübertragung ergeben. Die Ventilhersteller bieten 2 Grundtypen von Ventilkennlinien an, nämlich Ventile mit linearer oder solche mit gleichprozentiger Grundkennlinie. Diese Grundkennlinien werden allerdings nur mit der Ventilautorität $P_v = 1$ eingehalten, d. h. nur dann, wenn der Druckabfall über dem 100% geöffneten Ventil gleich dem anstehenden Druck am geschlossenen Ventil ist. Spielt bei einem eingebauten Ventil auch der mit dem variablen Durchfluss sich ändernde Druckabfall im Rohrnetz und allenfalls auch der nicht konstante Pumpendruck eine Rolle, dann wird die Ventilautorität kleiner als 1 und dadurch die Grundkennlinie deformiert. Die lineare Grundkennlinie wird mit kleiner werdender Ventilautorität positiv gekrümmt und die gleichprozentige

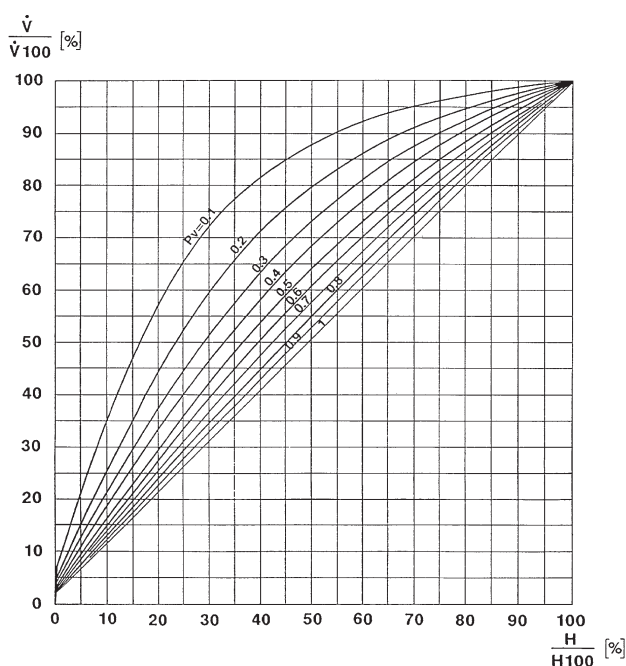


Bild 2: Betriebskennlinien eines Ventils mit linearer Grundkennlinie zeigen den relativen Volumenstrom bei variablen Ventilautoritäten von $P_v = 1$ bis $P_v = 0,1$.

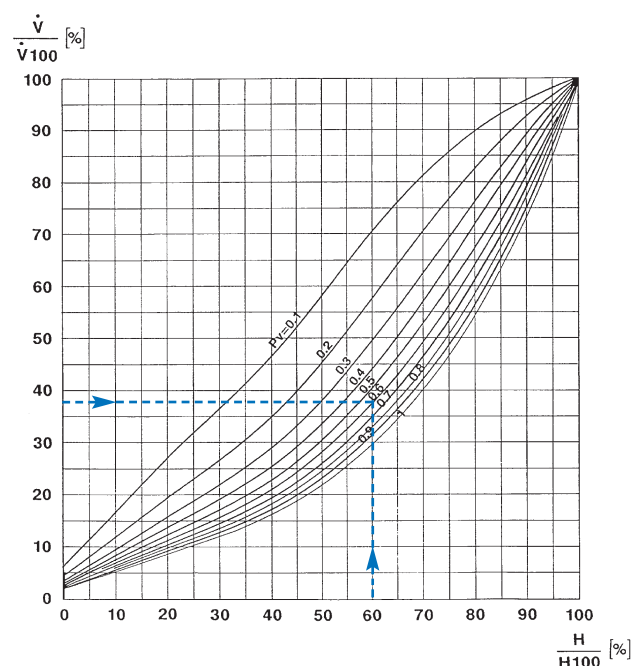
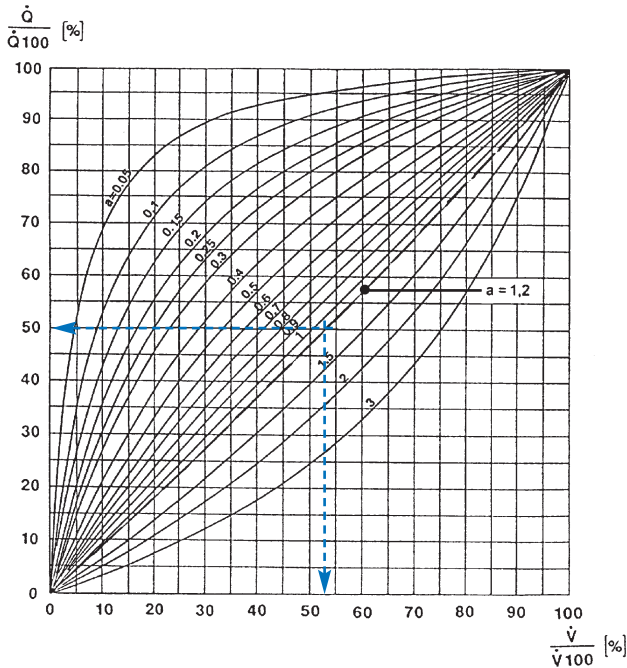


Bild 3: Betriebskennlinien eines Ventils mit gleichprozentiger Grundkennlinie zeigen den relativen Volumenstrom bei variablen Ventilautoritäten von $P_v = 1$ bis $P_v = 0,1$.

Tipps für die Praxis

Wärmeaustauscher-Kennlinien



Ventil-Kennlinien (lineares Ventil)

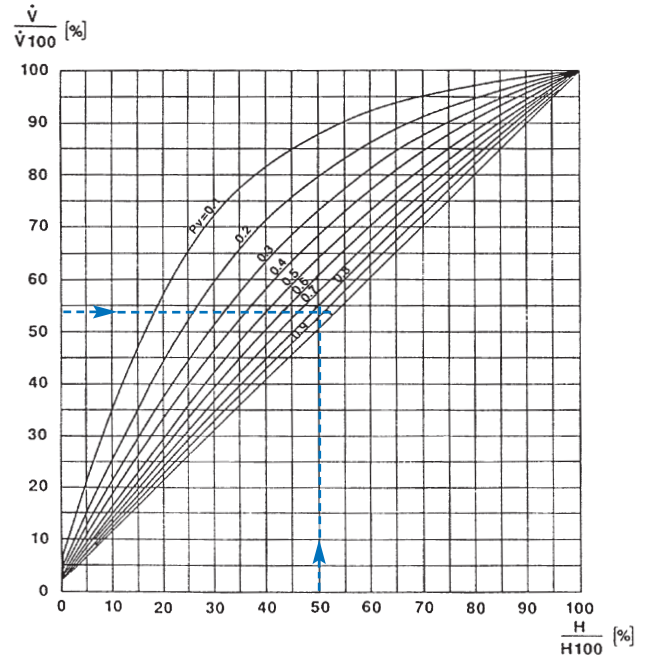


Bild 5: Grafische Bestimmung der Ventilkennlinie zur Linearisierung der Regelkennlinie.

abgeflacht. So wird eine gleichprozentige Kennlinie mit einer Ventilautorität $< 0,2$ annähernd linear! (Bilder 2 und 3)

Wenn wir jetzt die Ventilkennlinie suchen, die bei 60% Hub einen relativen Volumendurchfluss von 38% bewirkt, so müssen wir sicher im gleichprozentigen Kennlinienfeld (Bild 3) suchen, weil ja die Krümmung entgegengesetzt zur Wärmetauscherkennlinie sein muss, was beim linearen Ventil nicht der Fall ist.

Grafisch ist die Lösung nun sehr einfach: Wir ziehen bei Hub = 60% eine senkrechte und beim Volumendurchfluss = 38% eine horizontale Linie. Der Schnittpunkt dieser beiden Linien liegt nahe bei der Ventilkennlinie mit $P_v = 0,6$. Wenn wir nun im vorliegenden Fall ein gleichprozentiges Ventil

wählen und den Druckabfall durch das 100% geöffnete Ventil so auslegen, dass eine Ventilautorität von 0,6 entsteht, dann wird das Verhältnis zwischen Hub und Wärmeübertragung linear und der Regler kann optimal auf diese Regelstrecke eingestellt werden.

2. Ziel:

Unnötig hohen Pumpendruck vermeiden!

Sowohl die branchenübliche Empfehlung, die Ventilautorität möglichst hoch zu wählen, wie auch die im vorangegangenen Kapitel beschriebene Methode zur Linearisierung der Regelkennlinie, die ebenfalls eine hohe Ventilautorität erfordern kann, führt bei hohem Druckverlust im beeinflussten Rohrnetz auch zu einem sehr hohen Druckbedarf seitens der Pumpe. Und dies bedeutet: Höhere Investitionskosten, hoher Energiever-

brauch und damit auch hohe Betriebskosten.

Das folgende Beispiel einer Warmwasser-Umformerregelung mit dem a -Wert von 1,2 soll diese Problematik verdeutlichen:

Mit der eingangs beschriebenen grafischen Methode müsste nun zur Linearisierung der Regelkennlinie ein Ventil mit linearer Grundkennlinie und einer Ventilautorität von $P_v = 0,8$ eingesetzt werden (Bild 5).

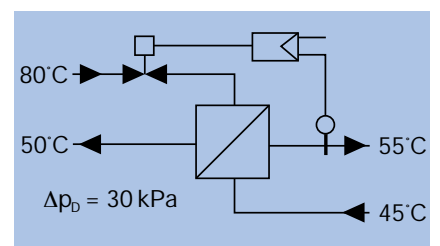


Bild 4: Beispiel einer Warmwasser-Umformerregelung.

Tipps für die Praxis

Bei angenommenem Druckverlust im beeinflussten Rohrnetz (incl. Umformer) von $\Delta p_D = 30 \text{ kPa}$ müsste deshalb der Druckabfall über dem 100% offenen Ventil

$$\Delta p_{V100} = \frac{P_v \cdot \Delta p_D}{1 - P_v} =$$

$$\frac{0,8 \cdot 30 \text{ kPa}}{1 - 0,8} = 120 \text{ kPa betragen!!}$$

Die Pumpe müsste also in diesem Umformerkreis insgesamt den Druckverlust von $\Delta p_D + \Delta p_{V100} = 30 \text{ kPa} + 120 \text{ kPa} = 150 \text{ kPa}$ überwinden! Auch wenn man hier nach der allgemein üblichen Faustregel vorgeht und die Ventilautorität von $P_v \geq 0,5$ wählt, ergibt sich - bei stark verschlechterter Regelkennlinie - immer noch ein

Druckverlust von $\Delta p_D + \Delta p_{V100} = 30 \text{ kPa} + 30 \text{ kPa} = 60 \text{ kPa}$!

Betrachten wir nun aber das Kennlinienfeld des gleichprozentigen Ventils, dann stellen wir fest, dass eine Ventilautorität zwischen $P_v = 0,1$ und $P_v = 0,2$ eine annähernd lineare Kennlinie ergibt. Wenn wir jetzt die zur Linearisierung der Regelkennlinie angestrebte Kennlinie des linearen Ventils mit $P_v = 0,8$ in das Kennlinienfeld des gleichprozentigen Ventils übertragen, so kommt diese fast über den ganzen Hubbereich zwischen die Kennlinien mit $P_v = 0,1$ und $P_v = 0,2$ zu liegen. Wählen wir also im vorliegenden Fall ein gleichprozentiges Ventil mit einer Ventilautorität von $P_v \approx 0,15$, dann erreichen wir nicht nur eine annähernd lineare Regelkennlinie sondern auch einen wesentlich reduzier-

ten erforderlichen Druckabfall Δp_{V100} über dem Regelventil von:

$$\Delta p_{V100} = \frac{P_v \cdot \Delta p_D}{1 - P_v} =$$

$$\frac{0,15 \cdot 30 \text{ kPa}}{1 - 0,15} = 5,3 \text{ kPa (!)}$$

Der notwendige Pumpendruck reduziert sich in diesem Fall auf $\Delta p_D + \Delta p_{V100} = 30 \text{ kPa} + 5,3 \text{ kPa} = 35,3 \text{ kPa}$. Dieses Beispiel soll zeigen, dass es sich immer dann lohnt, nach alternativen Möglichkeiten zu suchen, wenn eine hohe Ventilautorität gefordert ist, und gleichzeitig der Druckverlust im beeinflussten Rohrnetzteil hoch ist. Dabei lohnt sich ganz bestimmt auch ein eventueller Mehrpreis für das Ventil mit gleichprozentiger Grundkennlinie.

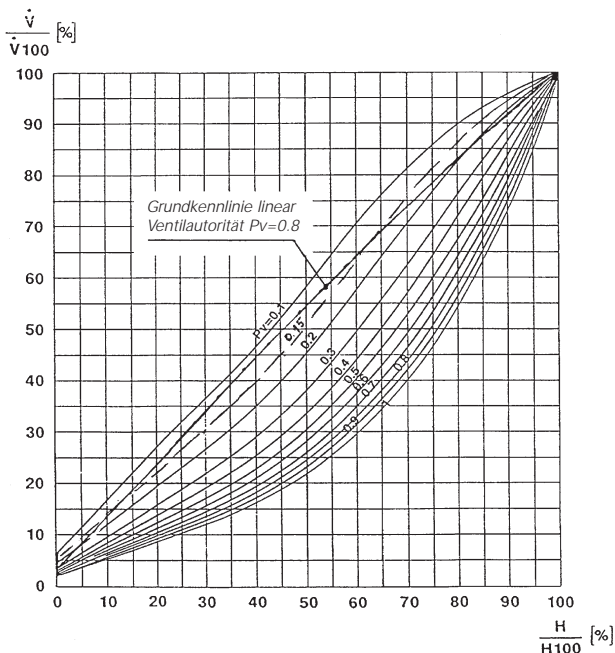


Bild 6:
Kennlinienfeld eines gleichprozentigen Ventils mit eingezeichnete Kennlinie eines linearen Ventils mit der Ventilautorität $P_v = 0,8$ (Linearitätsvergleich).

In Fernleitungen eingebaute Regelventile können problemlos mit einer Ventilautorität von $P_v \approx 1$ betrieben werden, wenn der Druckabfall über dem Ventil konstant geregelt wird. Wie schon erwähnt, zeigt ja die Ventilautorität, wie gross die Druckdifferenz über dem geöffneten Ventil im Verhältnis zur Druckdifferenz über dem geschlossenen Ventil ist. Und wenn diese Druckdifferenz konstant geregelt wird, dann ergibt sich eine Ventilautorität von $P_v = 1$. Wie gross der Druckabfall über dem Ventil in diesem Falle sein muss, hängt vom minimal wählbaren Sollwert des Druckdifferenzreglers ab. Speziell für diese Anwendung werden deshalb Durchgangsventile mit eingebautem Druckdifferenzregler (sog. Kombiventile) angeboten.