

## Anleitung

Auslegung und Auswahl von Druckregelventilen ist keine nur von einigen Experten beherrschte Geheimwissenschaft. Die hier vorgestellte Vorgehensweise ermöglicht es, mit relativ geringem Aufwand das für einen bestimmten Anwendungsfall geeignete Ventil auszuwählen. Die auf der sogenannten  $K_v$ -Wert-Methode basierenden Berechnungswege sind, verglichen mit den sehr akkuraten der DIN IEC 534, sehr vereinfacht. Sie führen aber zu für unsere Zwecke hinreichend genauen Ergebnissen.

Der  $K_v$  - Wert ist ein Durchflusskoeffizient, der einem Wasserdurchfluss in  $m^3/h$  bei einem Differenzdruck von 1 bar und einer Wassertemperatur zwischen 5 und 30 °C entspricht.

Das Zollsystem verwendet den Durchflusskoeffizienten  $c_v$ , der einem Wasserdurchfluss in USgal/min bei 1 psi Differenzdruck und 60 °F Temperatur entspricht.  $K_v$  und  $c_v$  stehen in dem Zusammenhang  $K_v = 0,86 \times c_v$ .

Der in technischen Dokumentationen angegebene  $K_{vs}$  - Wert ist der für Ventile einer Baureihe vorgesehene  $K_v$ -Wert bei Nennhub. Anhand des  $K_{vs}$  -wertes kann der bei einem Ventil maximal mögliche Durchsatz ermittelt werden.

Die hier vorgestellten Wege der  $K_v$ -Wert-Ermittlung sind, wie bereits eingangs erwähnt, stark vereinfacht. Viele Einflussgrößen werden nicht berücksichtigt. Dadurch, dass wir Wasserdampf als ideales Gas behandeln und nicht mit dem spezifischen Volumen rechnen, kann sich eine Abweichung von maximal 5 % ergeben, die aber in Anbetracht unserer Zuschläge tolerierbar ist.

Die Rechengänge sind einfach, die Beherrschung der Grundrechenarten und des Wurzelziehens reichen aus. Tabellen und Diagramme sind nicht unbedingt erforderlich, können aber, falls vorhanden die Arbeit erleichtern.

Die in unseren Auslegungsbeispielen genannten Betriebsdrücke und Einstellbereiche sind wie allgemein üblich als Überdruck angegeben. Die Berechnungen hingegen werden mit Absolutdrücken ausgeführt. So wird z.B. bei einem in der Aufgabe genannten Hinterdruck von 7 bar mit einem Absolutdruck von 7 + 1, also 8 bara gerechnet.

Volumendurchfluss und Dichte werden bei Flüssigkeiten im Betriebszustand und bei Gasen im Normzustand ( 0°C, 1013 mbar ) angegeben.

## Druckregelventile für Flüssigkeiten

### Ermittlung des $K_v$ -Wertes

Zur Auslegung bzw. vor Auswahl eines Ventils wird zunächst aus den Betriebsdaten, bei denen das Ventil arbeiten soll, der  $K_v$ -Wert errechnet.

$$K_v = Q \sqrt{\frac{\rho}{1000 \cdot \Delta p}}$$

$K_v$	Durchflusskoeffizient	$m^3/h$
$Q$	Volumendurchfluss	$m^3$
$\rho$	Dichte	$kg/m^3$
$p_1$	Eintrittsdruck (abs.)	bar
$p_2$	Austrittsdruck (abs.)	bar
$\Delta p$	Druckdifferenz ( $p_1 - p_2$ )	bar

Beispiel:

Gesucht wird ein Druckminderventil für 2-7  $m^3/h$  Methanol, Dichte 790  $kg/m^3$  Vordruck 9 – 12 bar, zu regelnder Hinterdruck 4 bar. Wir rechnen mit dem größten Durchsatz und der kleinsten Druckdifferenz.

$$K_v = 7 \sqrt{\frac{790}{1000 \cdot 5}} = 2,78 \text{ m}^3/h$$

Den aus den Betriebsdaten ermittelten  $K_v$ -Wert versehen wir mit einem Zuschlag von 30 % und erhalten damit den  $K_{vs}$ -Wert, den das auszuwählende Ventil mindestens haben sollte.

$$K_{vs} - \text{Wert} \geq 1,3 \times K_v - \text{Wert} = 1,3 \times 2,78 = 3,61 \text{ m}^3/h$$

### Bestimmung der Nennweite

Um Druckverluste und Betriebsgeräusche niedrig zu halten, sollten bestimmte Strömungsgeschwindigkeiten in den Rohrleitungen nicht überschritten werden, zum Beispiel

» auf der Saugseite von Kreiselpumpen	2 m/s
» auf der Saugseite von Kolbenpumpen	1 m/s
» auf der Pumpendruckseite	5 m/s
» in Trinkwasserortsnetzen	1 m/s
» in Treibstoff- und Wasserfernleitungen	3 m/s
» bei hochviskosen Flüssigkeiten	1 m/s

Der Leitungsdurchmesser kann wie folgt berechnet werden

$$d = 18,8 \sqrt{\frac{Q}{w}}$$

$d$	Leitungsdurchmesser	mm
$Q$	Volumendurchfluss	$m^3/h$
$w$	Strömungsgeschwindigkeit	m/s

Wenn in unserem Beispiel eine maximale Strömungsgeschwindigkeit von 2 m/s zugelassen wird, ist der erforderliche Leitungsdurchmesser

$$d = 18,8 \sqrt{\frac{7}{2}} = 35,2$$

Wir würden nach diesem Beispiel die Rohrleitung in DN 40 auswählen.

Bei vorgegebener Nennweite kann die Strömungsgeschwindigkeit wie folgt berechnet werden

$$w = 354 \frac{Q}{d^2}$$

In unserem Beispiel hätten wir dann in der Rohrleitung DN 40 bei einem Durchsatz von 7  $m^3/h$  eine Strömungsgeschwindigkeit von

$$w = 354 \frac{7}{40^2} = 1,55 \text{ m/s}$$

Die Nennweite des Regelventils darf unter bestimmten Betriebsbedingungen eine bis zwei Stufen unter der Nennweite der Rohrleitung liegen, was insbesondere für die mit Steuerleitung arbeitenden Ventile gilt.

### Auswahl eines geeigneten Ventils

Unsere Auswahltabellen und Typenblätter führen Sie zu den technischen Daten der MANKENBERG-Ventile.

Der  $K_{vs}$ -Wert des ausgewählten Ventils sollte dem errechneten und mit den erforderlichen Zuschlägen versehenen  $K_v$ -Wert entsprechen. Die meisten Ventile arbeiten am besten im Bereich von 10 bis 70 % ihres  $K_{vs}$ -Wertes, kleine nicht entlastete Ventile – wie z.B. die Druckminderer DM 502, 505, 506, 510, 762 und 765 – arbeiten auch bei kleinsten Durchsätzen noch zufriedenstellend.

Wählen Sie den Einstellbereich so, dass der gewünschte Sollwert möglichst an der oberen Grenze liegt. Nehmen Sie z.B. bei 2,3 bar zu regelndem Druck den Einstellbereich 0,8-2,5 bar und nicht den Einstellbereich 2-5 bar, bei dem die betriebsabhängigen Regelabweichungen wesentlich höher wären. Wenn in Sonderfällen der standardmäßige Einstellbereich nicht weit genug ist, kann bei niedriger Ventilauslastung und geringeren Ansprüchen an die Regelgenauigkeit der Einstellbereich unterschritten werden. Dann kann z.B. ein Druckminderer mit dem Einstellbereich 0,8-2,5 bar auch bei 0,5 bar noch zufriedenstellend arbeiten.

Wählen Sie die Werkstoffe den betrieblichen Anforderungen entsprechend und mit Hilfe der Beständigkeitstabelle aus.

Kommen wir zurück zu unserem Beispiel:

Anhand der Betriebsdaten hatten wir ermittelt, dass der  $K_{vs}$ -Wert mindestens 3,61  $m^3/h$  sein sollte. Nach unserer Auswahltable stehen hierfür mehrere Ventilbaureihen zur Verfügung. Aufgrund der Eigenschaften des Mediums entscheiden wir uns für den Druckminderer DM 652 DN 25,  $K_{vs}$ -Wert 6  $m^3/h$ , Einstellbereich 2-5 bar, Federhaube mit Leckleistungsanschluss. Dieses Ventil besteht standardmäßig aus Werkstoffen, die sehr gut für Methanol geeignet sind. Außerdem zeichnet es sich durch hohe Regelgüte, geringes Gewicht, gute Oberflächenqualität und einen für Edelstahlventile äußerst günstigen Preis aus.

Noch ein Beispiel:

Gesucht wird ein Überströmventil, das bei 10 bar 250  $m^3/h$  Trinkwasser in ein offenes Becken abströmen lassen kann. Zunächst ermitteln wir den Betriebsdaten entsprechenden  $K_{vs}$ -Wert. Obwohl der Differenzdruck ( $p_1 - p_2$ ) 10 bar ist, setzen wir wegen der im Ventilsitz auftretenden Verdampfung nur einen Differenzdruck von 0,6 x  $p_1$  [bara] also 6,6 bar bei der Berechnung ein.

Somit ist

$$K_v = 250 \sqrt{\frac{1000}{1000 \cdot 6,6}} = 97,3 \text{ m}^3/h$$

Der  $K_{vs}$ -Wert der Armatur sollte dann mindestens

$$1,3 \times K_v - \text{Wert} = 1,3 \times 97,3 = 126,5 \text{ m}^3/h \text{ sein}$$

Wir entscheiden uns für das pilotgesteuerte Überströmventil UV 824 DN 200,  $K_{vs}$ -Wert 180  $m^3/h$ , Einstellbereich 4–12 bar, - ein relativ preisgünstiges, leichtes und sehr regelgenaues Ventil aus Edelstahl.

Und noch ein Beispiel:

Gesucht wird ein CIP-fähiges Druckminderventil, mit dem 1-3 l/min vollentsalztes Wasser von 2-4 bar auf 0,7 bar reduziert werden können. Die Rohrleitung ist in DN 25 mit Klemmverbindungen nach DIN 32 676 ausgeführt.

Anhand der Betriebsdaten rechnen wir den  $K_v$ -Wert aus

$$K_v = 0,003 \times 60 \sqrt{\frac{1000}{1000 \cdot 1,3}} = 0,16 \text{ m}^3/h$$

Das Ventil sollte dann einen  $K_{vs}$ -Wert von mindestens

$$1,3 \times K_v - \text{Wert} = 1,3 \times 0,16 = 0,21 \text{ m}^3/h \text{ haben}$$

Wir entscheiden uns für den Druckminderer DM 152 DN 25,  $K_{vs}$  - Wert 3,5 m<sup>3</sup>/h, Einstellbereich 0,8-2,5 bar, ein polierfähiges Edelstahlventil in Eckausführung. Wir haben uns dafür entschieden, obwohl der  $K_{vs}$  - Wert des Ventils relativ hoch ist und der geforderte Hinterdruck außerhalb des angegebenen Einstellbereichs liegt. Aus umfangreichen Prüfstandsversuchen wissen wir nämlich, dass dieses Ventil für o.g. Betriebsbedingungen sehr gut geeignet ist.

Dieses Beispiel sollte zeigen, dass man bei guter Kenntnis des Betriebsverhaltens die Armaturen in Sonderfällen auch außerhalb der im Katalog genannten Anwendungsbereiche einsetzen kann.

## Druckregelventile für Gase

### Ermittlung des $K_v$ -Wertes

Zur Auslegung bzw. vor Auswahl eines Ventils wird zunächst aus den Betriebsdaten, unter denen das Ventil arbeiten soll, der  $K_v$  - Wert errechnet. bei unterkritischem Druckgefälle, d.h. wenn

$$\Delta p < \frac{p_1}{2}$$

nach Formel

$$K_v = \frac{Q_N}{514} \sqrt{\frac{\rho_N(t_1 + 273)}{\Delta p \times p_2}}$$

bei überkritischem Druckgefälle, d.h. wenn

$$\Delta p > \frac{p_1}{2}$$

nach Formel

$$K_v = \frac{Q_N}{257 \times p_1} \sqrt{\rho_N(t_1 + 273)}$$

$K_v$	Durchflusskoeffizient	m <sup>3</sup> /h
$Q_N$	Volumendurchfluss im Normzustand	m <sup>3</sup> /h
$Q_1$	Volumendurchfluss vor dem Ventil	m <sup>3</sup> /h
$Q_2$	Volumendurchfluss hinter dem Ventil	m <sup>3</sup> /h
$\rho_N$	Dichte im Normzustand	kg/m <sup>3</sup>
$\Delta p$	Druckdifferenz ( $p_1 - p_2$ )	bar
$p_1$	Eintrittsdruck (abs.)	bar
$p_2$	Austrittsdruck (abs.)	bar
$t_1$	Eintrittstemperatur	°C
$t_2$	Austrittstemperatur	°C
$w_1$	Geschwindigkeit in der Rohrleitung vor dem Ventil	m/s
$w_2$	Geschwindigkeit in der Rohrleitung hinter dem Ventil	m/s
$d_1$	Leitungsdurchmesser vor dem Ventil	mm
$d_2$	Leitungsdurchmesser hinter dem Ventil	mm

Beispiel:

Gesucht wird ein Druckminderventil aus Edelstahl für  $Q_N$  max. 1200 m<sup>3</sup>/h CO<sub>2</sub>, Betriebstemperatur 20 °C, Dichte 2 kg/m<sup>3</sup>, Vordruck 10-12 bar Überdruck, zu regelnder Hinterdruck 7 bar Überdruck. Das Druckgefälle ist unterkritisches, denn es ist

$$\Delta p < \frac{p_1}{2} \quad \text{nämlich } 3 < \frac{11}{2}$$

damit ist

$$K_v = \frac{1200}{514} \sqrt{\frac{2(20+273)}{3 \times 8}} = 11,54 \text{ m}^3/\text{h}$$

Den aus den Betriebsdaten errechneten  $K_v$  - Wert versehen wir mit einem Zuschlag von 30 % und erhalten damit den  $K_{vs}$  - Wert, den das auszuwählende Ventil mindestens haben sollte.

$$K_{vs} \text{ - Wert} \geq 1,3 K_v \text{ - Wert} = 1,3 \times 11,54 = 15 \text{ m}^3/\text{h}$$

### Bestimmung der Nennweite

Um Druckverluste und Betriebsgeräusche niedrig zu halten, sollten bestimmte Strömungsgeschwindigkeiten in den Rohrleitungen nicht überschritten werden. Falls keine planerischen Vorgaben bestehen, empfehlen wir

» bis 10 mbar	2 m/s
» bis 100 mbar	4 m/s
» bis 1 bar	10 m/s
» bis 10 bar	20 m/s
» über 10 bar	40 m/s

Diese groben Richtwerte gelten für Leitungsdurchmesser ab DN 80. Bei kleineren Nennweiten sollten geringere Strömungsgeschwindigkeiten angesetzt werden.

Zur Ermittlung der Strömungsgeschwindigkeit wird der Volumendurchfluss bei Betriebsbedingungen benötigt. Er kann wie folgt errechnet werden:

$$Q = \frac{Q_N(273 + t)}{p \times 273}$$

In unserem Beispiel sind danach die Volumendurchflüsse vor und hinter dem Ventil:

$$Q_1 = \frac{1200(273 + 20)}{11 \times 273} = 117,1 \text{ m}^3/\text{h} \quad Q_2 = \frac{1200(273 + 20)}{8 \times 273} = 161 \text{ m}^3/\text{h}$$

Der Leitungsdurchmesser kann wie folgt berechnet werden:

$$d = 18,8 \sqrt{\frac{Q}{w}}$$

Wenn in unserem Beispiel nur maximale Strömungsgeschwindigkeiten von 20 m/s vor und 15 m/s hinter dem Ventil vom Anlagenplaner zugelassen werden, sind die erforderlichen Leitungsdurchmesser:

$$d_1 = 18,8 \sqrt{\frac{117,1}{20}} = 45,5 \text{ mm} \quad d_2 = 18,8 \sqrt{\frac{161}{15}} = 59,6 \text{ mm}$$

Wir würden demzufolge vor dem Ventil die Rohrleitung DN 50 und hinter dem Ventil DN 65 empfehlen.

Bei vorgegebener Nennweite kann die Strömungsgeschwindigkeit wie folgt berechnet werden

$$w = 354 \frac{Q}{d^2}$$

In unserem Beispiel hätten wir dann die Strömungsgeschwindigkeiten

$$w_1 = 354 \frac{117,1}{50^2} = 16,6 \text{ m/s} \quad w_2 = 354 \frac{161}{65^2} = 13,5 \text{ m/s}$$

Die Nennweite des Regelventils kann unter bestimmten Betriebsbedingungen eine bis zwei Stufen unter der Nennweite der Rohrleitung vor dem Ventil liegen. Hinter dem Ventil ist die Leitung möglicherweise - der Strömungsgeschwindigkeit entsprechend - um mehrere Stufen erweitert auszuführen, was insbesondere bei den mit Steuerleitung arbeitenden Ventilen gilt.

## Auswahl eines geeigneten Ventils

Unsere Auswahltabellen und Datenblätter führen Sie zu den technischen Daten der MANKENBERG-Ventile.

Der  $K_{vs}$  - Wert des ausgewählten Ventils sollte dem errechneten und mit den erforderlichen Zuschlägen versehenen  $K_v$  - Wert entsprechen. Die meisten Ventile arbeiten am besten im Bereich von 10 bis 70 % ihres  $K_{vs}$  - Wertes, kleine nicht elastete Ventile – wie z.B. die Druckminderer DM 502, 505, 506, 510, 762 und 765 – arbeiten auch bei kleinsten Durchsätzen noch zufriedenstellend.

Wählen Sie den Einstellbereich so, dass der gewünschte Sollwert möglichst an der oberen Grenze liegt. Nehmen Sie z.B. bei 2,3 bar zu regelndem Druck den Einstellbereich 0,8-2,5 bar und nicht den Einstellbereich 2-5 bar, bei dem die betriebsabhängigen Regelabweichungen wesentlich höher wären. Wenn in Sonderfällen der standardmäßige Einstellbereich nicht weit genug ist, kann bei niedriger Ventilauslastung und geringeren Ansprüchen an die Regelgenauigkeit der Einstellbereich unterschritten werden. Dann kann z.B. ein Druckminderer mit dem Einstellbereich 0,8-2,5 bar auch bei 0,5 bar noch zufriedenstellend arbeiten.

Wählen Sie die Werkstoffe den betrieblichen Anforderungen entsprechend und mit Hilfe der Beständigkeitstabelle aus.

Bei toxischen oder feuergefährlichen Fluids muss eventuell eine geschlossene Federhaube – möglicherweise mit Stellschraubenabdichtung - eingesetzt und ein Leckleitungsanschluss (Muffe an der Federhaube) vorgesehen werden, damit bei einem Defekt am Steuerteil das austretende Fluid abgeführt werden kann.

Kommen wir zurück zu unserem Beispiel:

Anhand der Betriebsdaten ermittelten wir, dass der  $K_{vs}$  - Wert mindestens 15  $m^3/h$  sein sollte. Nach unserer Auswahltabelle stehen hierfür mehrere Ventilbaureihen zur Verfügung. Wir entscheiden uns für den Druckminderer Typ 652 DN 50,  $K_{vs}$  - Wert 18  $m^3/h$ , Einstellbereich 4-8 bar. Dieses Ventil besteht standardmäßig aus Werkstoffen, die sehr gut für den Einsatzfall geeignet sind. Außerdem zeichnet es sich durch hohe Regelgüte, geringes Gewicht, gute Oberflächenqualität und einen für Edelstahlventile äußerst günstigen Preis aus.

Noch ein Beispiel:

Gesucht wird ein Überströmventil, das 2000  $m^3/h$  60°C warme Luft bei 4 bar in die Atmosphäre abblasen kann.

Das Druckgefälle ist überkritisch, denn es ist

$$\Delta p > \frac{p_1}{2} \quad \text{nämlich } 4 > \frac{5}{2}$$

damit ist

$$K_v = \frac{2000}{257 \times 5} \sqrt{1,293 \times (60 + 273)} = 32,3 \text{ m}^3/h$$

Den aus den Betriebsdaten errechneten  $K_v$  - Wert versehen wir mit einem Zuschlag von 30 % und erhalten damit den  $K_{vs}$  - Wert, den das auszuwählende Ventil mindestens haben sollte.

$$K_{vs} \text{ - Wert} \geq 1,3 \times K_v \text{ - Wert} = 1,3 \times 32,3 = 42 \text{ m}^3/h$$

Der Volumendurchfluss unter Betriebsbedingungen ist

$$Q_1 = \frac{2000(273 + 60)}{5 \times 273} = 488 \text{ m}^3/h$$

und danach bei einer maximal zugelassenen Strömungsgeschwindigkeit von 20 m/s der Leitungsdurchmesser mindestens

$$d_1 = 18,8 \sqrt{\frac{488}{20}} = 93 \text{ mm}$$

Anhand der errechneten Daten und unter Berücksichtigung der Eigenschaften des Mediums entscheiden wir uns für MANKENBERG's Überströmventil UV 4.1 DN 100,  $K_{vs}$  - Wert 100  $m^3/h$ , Einstellbereich 2-5 bar, ein relativ preisgünstiges und regelgenaues Ventil, das für den Anwendungsfall sehr gut geeignet ist.

## Druckregelventile für Dampf

### Ermittlung des $K_v$ -Wertes

Zur Auslegung bzw. vor Auswahl eines Ventils wird zunächst aus den Betriebsdaten, unter denen das Ventil arbeiten soll, der  $K_v$  - Wert errechnet. Da in den meisten Fällen weder Tabelle noch Diagramm für das spezifische Volumen von Wasserdampf greifbar sind, kann man durch Berechnung nach folgenden Formeln, in denen der Wasserdampf als ideales Gas behandelt wird, zu einem hinreichend genauen Ergebnis gelangen.

bei unterkritischem Druckgefälle, d.h. wenn

$$\Delta p < \frac{p_1}{2}$$

nach Formel

$$K_v = \frac{G}{461} \sqrt{\frac{t_1 + 273}{\Delta p \times p_2}}$$

bei überkritischem Druckgefälle, d.h. wenn

$$\Delta p > \frac{p_1}{2}$$

nach Formel

$$K_v = \frac{G}{230 \times p_1} \sqrt{t_1 + 273}$$

Die Temperatur von Wasserdampf im Sättigungszustand ( Sattedampf ) kann überschlägig berechnet werden nach Formel

$$t_s \approx \sqrt[4]{p_1} \times 100$$

$K_v$	Durchflusskoeffizient	$m^3/h$
G	Massendurchfluss	kg/h
$Q_1$	Volumendurchfluss vor dem Ventil	$m^3/h$
$Q_2$	Volumendurchfluss hinter dem Ventil	$m^3/h$
$\Delta p$	Druckdifferenz ( $p_1 - p_2$ )	bar
$p_1$	Eintrittsdruck (abs.)	bar
$p_2$	Austrittsdruck (abs.)	bar
$t_1$	Eintrittstemperatur	°C
$t_2$	Austrittstemperatur	°C
$w_1$	Geschwindigkeit in der Rohrleitung vor dem Ventil	m/s
$w_2$	Geschwindigkeit in der Rohrleitung hinter dem Ventil	m/s
$d_1$	Leitungsdurchmesser vor dem Ventil	mm
$d_2$	Leitungsdurchmesser hinter dem Ventil	mm

Beispiel:

Gesucht wird ein Druckminderventil aus Edelstahl, das 1100 kg/h Sattedampf von 7 auf 4 bar reduziert.

Das Druckgefälle ist unterkritisch, denn es ist

$$\Delta p < \frac{p_1}{2} \quad \text{nämlich } 3 < \frac{8}{2}$$

Da uns das spez. Volumen und die Temperatur nicht bekannt sind, rechnen wir mit der Formel

$$K_v = \frac{G}{461} \sqrt{\frac{t_1 + 273}{\Delta p \times p_2}}$$

Nach Ermittlung der Temperatur

$$t_s \approx \sqrt[4]{p_1} \times 100 = \sqrt[4]{8} \times 100 = 168 \text{ °C}$$

rechnen wir

$$K_v = \frac{1100}{461} \sqrt{\frac{168+273}{3 \times 5}} = 12,9 \text{ m}^3/\text{h}$$

Den aus den Betriebsdaten errechneten  $K_v$  - Wert versehen wir mit einem Zuschlag von 30 % und erhalten damit den  $K_{vs}$  - Wert, den das auszuwählende Ventil mindestens haben sollte.

$$K_{vs} \text{ - Wert} \geq 1,3 \times K_v \text{ - Wert} = 1,3 \times 12,9 = 16,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

## Bestimmung der Nennweite

Um Druckverluste und Betriebsgeräusche niedrig zu halten, sollten bestimmte Strömungsgeschwindigkeiten in den Rohrleitungen nicht überschritten werden. Falls keine planerischen Vorgaben bestehen, empfehlen wir

» Abdampf	25 m/s
» Sattdampf	40 m/s
» Heißdampf	60 m/s

Diese groben Richtwerte gelten für Leitungsdurchmesser ab DN 80. Bei kleineren Nennweiten sollten geringere Strömungsgeschwindigkeiten angesetzt werden. Zur Ermittlung der Strömungsgeschwindigkeit wird der Volumendurchfluss bei Betriebsbedingungen benötigt. Er kann wie folgt errechnet werden:

$$Q = \frac{G \times (t + 273)}{p \times 219}$$

In unserem Beispiel sind danach die Volumendurchflüsse vor und hinter dem Ventil:

$$Q_1 = \frac{1100(168 + 273)}{8 \times 219} = 277 \text{ m}^3/\text{h} \quad Q_2 = \frac{1100(168 + 273)}{5 \times 219} = 443 \text{ m}^3/\text{h}$$

Der Leitungsdurchmesser kann wie folgt berechnet werden:

$$d = 18,8 \sqrt{\frac{Q}{w}}$$

Wenn in unserem Beispiel nur maximale Strömungsgeschwindigkeiten von 25 m/s durch den Planer zugelassen werden, sind die erforderlichen Leitungsdurchmesser:

$$d_1 = 18,8 \sqrt{\frac{277}{25}} = 63 \text{ mm} \quad d_2 = 18,8 \sqrt{\frac{443}{25}} = 79 \text{ mm}$$

Wir würden demzufolge vor dem Ventil die Rohrleitung DN 65 und hinter dem Ventil DN 80 empfehlen.

Bei vorgegebener Nennweite kann die Strömungsgeschwindigkeit wie folgt berechnet werden

$$w = 354 \frac{Q}{d^2}$$

In unserem Beispiel hätten wir dann in der Rohrleitung die Strömungsgeschwindigkeiten

$$w_1 = 354 \frac{277}{65^2} = 23 \text{ m/s} \quad w_2 = 354 \frac{443}{80^2} = 24 \text{ m/s}$$

Die Nennweite des Regelventils kann unter bestimmten Betriebsbedingungen eine bis zwei Stufen unter der Nennweite der Rohrleitung vor dem Ventil liegen. Hinter dem Ventil ist die Leitung möglicherweise - der Strömungsgeschwindigkeit entsprechend - um mehrere Stufen erweitert auszuführen, was insbesondere bei den mit Steuerleitung arbeitenden Ventilen gilt.

## Auswahl eines geeigneten Ventils

Unsere Auswahltabellen und Datenblätter führen Sie zu den technischen Daten der MANKENBERG-Ventile.

Der  $K_{vs}$  - Wert des ausgewählten Ventils sollte dem errechneten und mit den erforderlichen Zuschlägen versehenen  $K_v$  - Wert entsprechen. Die meisten Ventile arbeiten am besten im Bereich von 10 bis 70 % ihres  $K_{vs}$  - Wertes, kleine nicht entlastete Ventile – wie z.B. die Druckminderer DM 152, 505 und 701 arbeiten auch bei kleinsten Durchsätzen noch zufriedenstellend.

Wählen Sie den Einstellbereich so, dass der gewünschte Sollwert möglichst an der oberen Grenze liegt. Nehmen Sie z.B. bei 2,3 bar zu regelndem Druck den Einstellbereich 0,8-2,5 bar und nicht den Einstellbereich 2-5 bar, bei dem die betriebsabhängigen Regelabweichungen wesentlich höher wären. Wenn in Sonderfällen der standardmäßige Einstellbereich nicht weit genug ist, kann bei niedriger Ventilauslastung und geringeren Ansprüchen an die Regelgenauigkeit der Einstellbereich unterschritten werden. Dann kann z.B. ein Druckminderer mit dem Einstellbereich 0,8-2,5 bar auch bei 0,5 bar noch zufriedenstellend arbeiten.

Wählen Sie die Werkstoffe den betrieblichen Anforderungen entsprechend und mit Hilfe der Beständigkeitstabelle aus.

Kommen wir zurück zu unserem Beispiel:

Anhand der Betriebsdaten ermittelten wir, dass der  $K_{vs}$  - Wert mindestens 16,8 m<sup>3</sup>/h sein sollte. Nach unserer Auswahltable stehen hierfür mehrere Ventilbaureihen zur Verfügung. Wir entscheiden uns für den Druckminderer Typ 652 DN 50,  $K_{vs}$  - Wert 18 m<sup>3</sup>/h, Einstellbereich 2-5 bar. Dieses Ventil besteht standardmäßig aus Werkstoffen, die sehr gut für den Einsatzfall geeignet sind. Außerdem zeichnet es sich durch hohe Regelgüte, geringes Gewicht, gute Oberflächenqualität und einen für Edelstahlventile äußerst günstigen Preis aus.

Noch ein Beispiel:

Gesucht wird ein Druckminderer, mit dem für das Rußblasen eines Dampfkessels 8 t/h auf 460°C überhitzter Dampf von 100 bar auf 20 bar reduziert werden können.

Das Druckgefälle ist überkritisch, denn es ist

$$\Delta p > \frac{p_1}{2} \text{ nämlich } 80 > \frac{101}{2}$$

Da uns das spezifische Volumen momentan nicht bekannt ist, rechnen wir

$$K_v = \frac{8000}{230 \times 101} \sqrt{460 + 273} = 9,33 \text{ m}^3/\text{h}$$

Den aus den Betriebsdaten errechneten  $K_v$  - Wert versehen wir mit einem Zuschlag von 30 % und erhalten damit den  $K_{vs}$  - Wert, den das auszuwählende Ventil mindestens haben sollte.

$$K_{vs} \text{ - Wert} \geq 1,3 \times K_v \text{ - Wert} = 1,3 \times 9,33 = 12,1 \text{ m}^3/\text{h}$$

Der Volumendurchfluss unter Betriebsbedingungen ist

$$Q_1 = \frac{8000(460 + 273)}{101 \times 219} = 265 \text{ m}^3/\text{h} \quad Q_2 = \frac{8000(460 + 273)}{21 \times 219} = 1275 \text{ m}^3/\text{h}$$

Der Leitungsdurchmesser kann wie folgt berechnet werden:

$$d = 18,8 \sqrt{\frac{Q}{w}}$$

und danach bei einer maximal zugelassenen Strömungsgeschwindigkeit von 50 m/s der Leitungsdurchmesser mindestens

$$d_1 = 18,8 \sqrt{\frac{265}{50}} = 43,3 \text{ mm} \quad d_2 = 18,8 \sqrt{\frac{1275}{50}} = 94,5 \text{ mm}$$

Wir würden demzufolge vor dem Ventil die Rohrleitungsnennweite DN 50 und hinter dem Ventil DN 100 empfehlen.

Anhand der errechneten Daten und unter Berücksichtigung der besonderen Betriebsbedingungen entscheiden wir uns für das doppelstufige Druckminderer DM 401 ZK DN 50/80,  $K_{vs}$  - Wert 16 m<sup>3</sup>/h, Einstellbereich 15-25 bar, mit einstellbarer Dämpfungseinrichtung und gepanzerten Sitzen und Kegeln, - eine Ausführung, die sich in vielen Rußblssystemen bewährt hat.