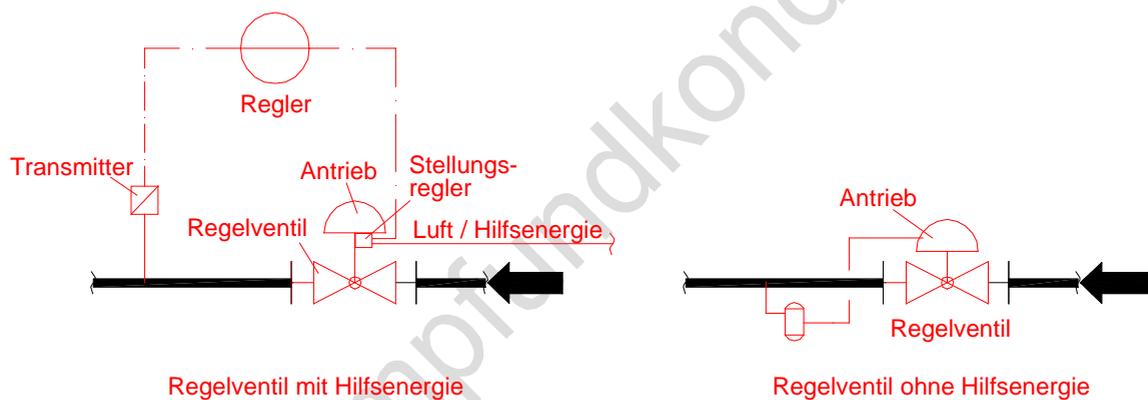


REGELVENTILE / REGELKLAPPEN

Regelventile bzw. Regelklappen sollen den Zufluss von Dampf oder Kondensat regeln bis der gewünschte Sollwert erreicht ist. Dies könnte eine bestimmte Temperatur oder auch ein bestimmter Druck sein. Egal ob Druckregelventil oder Temperaturregelventil, geregelt wird immer eine strömende Menge an Kondensat oder Dampf. Im Weiteren wird nur noch von Regelventilen gesprochen. Auf Seite 11 dieses Kapitels werden Regelklappen kurz beschrieben.

Regelventile können Ihre Aufgabe nur dann erfüllen, wenn auf Grund eines Druckunterschiedes das Kondensat oder der Dampf durch das Regelventil strömt. Jedes Regelventil funktioniert demnach immer auch als Druckreduzierung. Eventuell entstehende Nachverdampfung auf Grund der Druckreduzierung muss bei der Auslegung eines Regelventils beachtet werden (*siehe dazu Kapitel Nachverdampfung*). Die Druckreduzierung findet direkt im Ventil im Ventilsitz statt.

Man unterscheidet Regelventile mit und ohne Hilfsenergie.

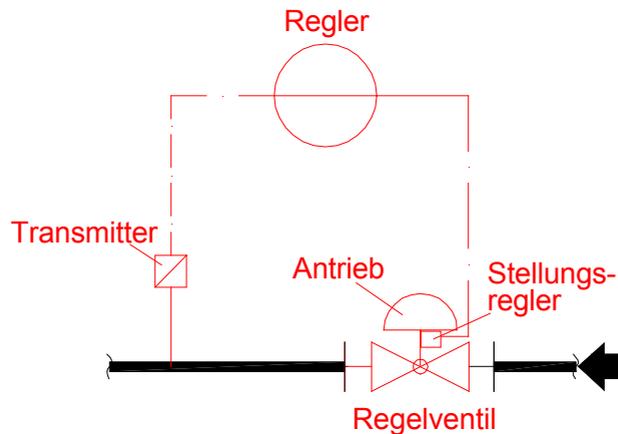


Regelventile mit Hilfsenergie nutzen z. B. Druckluft zum Öffnen oder Schließen des Regelventils. Regelventile ohne Hilfsenergie nehmen die Energie zum Öffnen oder Schließen aus dem zu regelnden Medium.

Nachfolgend aufgeführt, werden Regelventile mit Hilfsenergie beschrieben. Die rechnerische Bestimmung der Größe eines Regelventils mit und ohne Hilfsenergie ist gleich.

Für die Auslegung von Regelventilen genügen wenige Angaben. Der Hersteller übernimmt auf Anfrage die Auslegung eines Regelventils. Mit einem Berechnungsprogramm werden dann die Größe des Regelventils und die Größe des Antriebes ermittelt. Für das Verständnis bei Problemen mit dem Regelventil, bzw. um einen Hersteller auch richtig anzufragen, sollen in diesem Kapitel einige wichtige Details zu Regelventilen aufgeführt werden.

1) **Der Regelkreis:**



Regelventile mit Hilfsenergie sind Bestandteile eines Regelkreises.

Ein Regelkreis besteht aus:

- a) dem Regler
- b) dem Transmitter
- c) dem Regelventil.

a) **Der Regler**

Der Regler ist der „Kopf“ vom Regelkreis. Er funktioniert wie ein kleiner Computer. Der Regler hat die Aufgabe, einen Wert, wie z.B. eine bestimmte Temperatur, die erreicht werden **soll**, zu überwachen. Dieser Wert wird deshalb auch Sollwert genannt. Der Regler vergleicht ständig den gewünschten Sollwert mit dem Istwert. Auf Abweichungen vom Sollwert wird sofort reagiert. Dazu gibt der Regler ein elektrisches Signal an den Stellungsregler des Ventils. Die Informationen über den tatsächlich gemessenen Istwert erhält der Regler von einem Transmitter. Bei einem Temperaturregler ist es ein Temperaturtransmitter, bei einer Druckregelung ist es ein Drucktransmitter. Während der Regler in einem Schaltschrank oder in einer Leitwarte installiert ist, wird der Transmitter direkt in einem Rohr oder an einem Behälter montiert.

b) **Der Transmitter**

Der Transmitter misst eine Temperatur oder einen Druck und wandelt diesen Messwert in ein elektrisches Signal um, welches über ein Kabel zum Regler gelangt.

Der Regler überprüft diesen Messwert und sendet bei einer Abweichung vom Sollwert ein elektrisches Signal zum Stellungsregler des Regelventils.

c) **Der Stellungsregler**

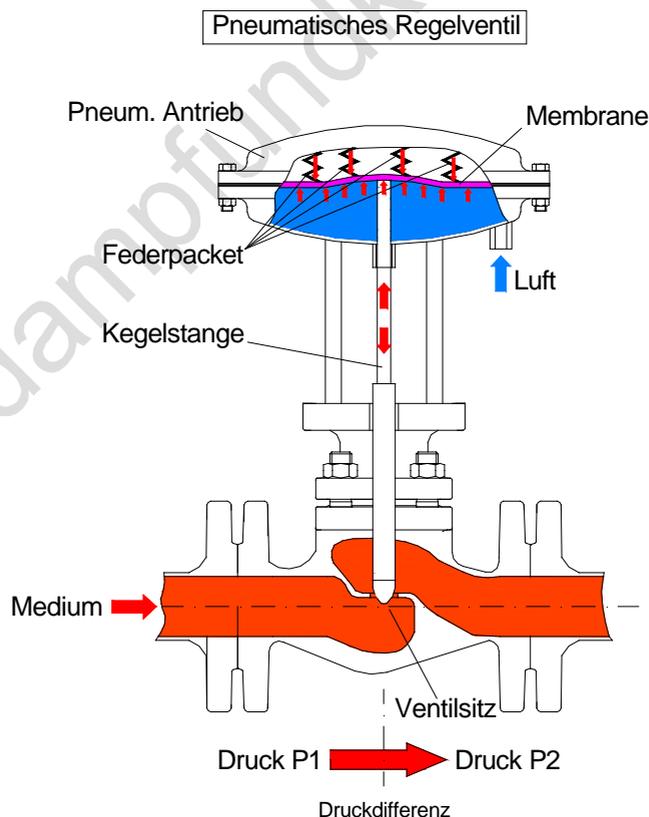
Der Stellungsregler ist ein kleiner Kasten direkt am pneumatischen Antrieb des Regelventils. In diesem Kasten steckt filigrane Technik, welche das elektrische Signal vom Regler umwandelt in eine definierte mechanische Bewegung. Die mechanische Bewegung ermöglicht das Einströmen von Luft als Hilfsenergie in den pneumatischen Antrieb des Regelventils.

Je nach dem, ob ein pneumatischer oder elektrischer Antrieb zum Einsatz kommt, wird zwischen pneumatischen und elektrischen Regelventilen unterschieden.

Bei elektrischen Antrieben wird das vom Regler kommende elektrische Signal sofort verarbeitet. Elektrische Antriebe sind an Dampf- und Kondensatsystemen selten zu finden. Deshalb sollen hier nur pneumatische Antriebe beschrieben werden.

2) **Aufbau eines pneumatischen Regelventils**

- **Der pneumatische Antrieb:**



Pneumatisch deshalb, weil sich die Kegelstange mit Hilfe von Luft bewegt. Im Antrieb des Ventils befindet sich dazu eine Membrane. Über eine kleine Rohrleitung strömt Luft vom Stellungsregler gesteuert in den Antrieb. Die Kegelstange bewegt sich aus dem Ventilkörper in den Antrieb. Das Regelventil öffnet. Damit sich die Kegelstange auch wieder zurück bewegt und das Ventil schließt, sind auf der anderen Seite der Membrane Federn angebracht. Nach dem Ausströmen der Luft drücken diese Federn die Membrane mit der Kegelstange wieder zurück. Je nachdem auf welcher Seite sich der Luftanschluss am Antrieb befindet, öffnet oder schließt das Regelventil selbsttätig. Dadurch lässt sich eine **Sicherheitsstellung** definieren, welche sich bei einer Störung der Luftversorgung einstellt.

„Feder schließt“ - ohne Luft geschlossen (die Federn im Antrieb schließen das Ventil)
„Feder öffnet“ - ohne Luft geöffnet (die Federn im Antrieb öffnen das Ventil)

Soll eine Niveauregelung trotz einer Störung weiter die Aufgabe der Entleerung eines Behälters garantieren, so muss ein Antrieb „Feder öffnet“ oder „Ohne Luft Auf“ bestellt werden. Der Antrieb würde dann die Kegelstange bei Luftausfall aus dem Ventil ziehen und das Ventil würde komplett öffnen. Die Niveauregelung wäre dann zwar keine Regelung mehr, der Behälter würde aber trotz der Störung immer noch entleert.

Soll bei einer Störung der Luftversorgung ein Regelventil trotzdem geschlossen bleiben, so muss ein Antrieb „Feder schließt“ oder „Ohne Luft ZU“ bestellt werden.

- **Die beschriebene Sicherheitsstellung wird vom Hersteller bei der Bestellung erfragt.**

Für die Auslegung des Antriebes muss auch angegeben werden, gegen welchen maximalen Druck das Ventil schließen soll.

Im Kapitel zu den Pumpen wird erklärt, dass eine Pumpe immer in der Mitte ihrer Kennlinie ausgelegt werden sollte. Den maximalen Druck hat die Pumpe aber bei kleiner Fördermenge „höchster Druck – geringste Menge“.

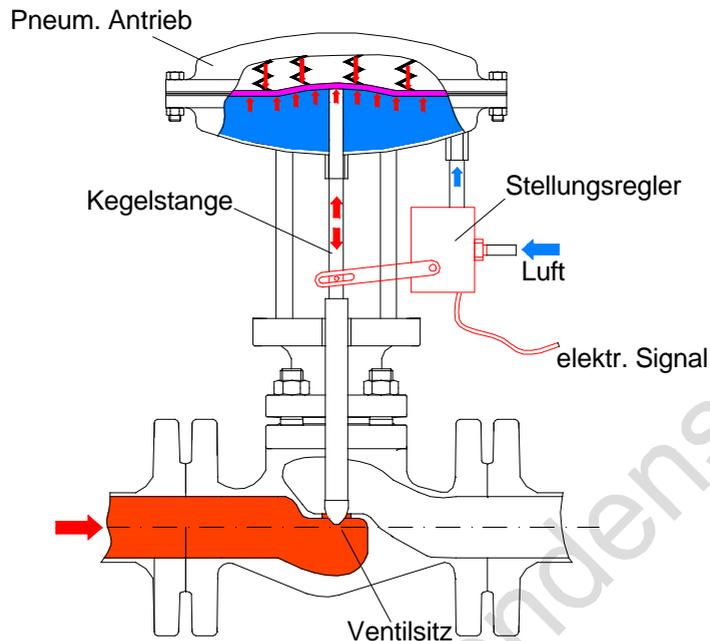
Ein Regelventil, welches bei allen Zuständen also auch bei maximalem Druck dicht schließen soll, benötigt deshalb einen entsprechend großen Antrieb. Dieser Antrieb muss die Kraft aufbringen, die Kegelstange gegen den maximalen Druck der Pumpe in den Ventilsitz zu drücken. *(Wer im Sommer den Garten mit dem Wasserschlauch bewässert merkt, welche Kraft man mit dem Daumen aufbringen muss, um den Gartenschlauch dicht zu verschließen.)*

- **Für die Bestellung sollte deshalb z.B. angegeben werden: „schließt dicht gegen 30 bar „**

- **Das Regelventil:**

Ein Regelventil soll einen Druck, eine Temperatur oder ein Niveau usw. regeln. Wie oben beschrieben, erhält der Stellungsregler bei Abweichungen vom Sollwert ein Signal vom Regler. Dieses Signal wird im Stellungsregler in eine mechanische Bewegung umgewandelt. Es strömt mehr oder weniger Luft als Hilfsenergie in den Antrieb. Die Kegelstange bewegt sich im Ventilsitz des Regelventils. Dadurch strömen mehr oder weniger große Mengen an Kondensat oder Dampf durch das Ventil. Ist der gewünschte Druck, die gewünschte Temperatur usw. erreicht, bleibt die Öffnung des Regelventils bestehen. Der gewünschte Sollwert ist erreicht.

Pneumatisches Regelventil



Was sollte man noch beachten?

Im Antrieb befindet sich eine Membrane. Die Membrane ist je nach Anwendungsfall aus verschiedenen Materialien gefertigt. Nach Möglichkeit sollte deshalb die Einbaulage des Regelventils mit dem Antrieb so gewählt werden, dass sich dieser nicht in der Nähe von unisolierten heißen Bauteilen befindet.

Bei großen und damit auch schweren Antrieben sollte der Antrieb nach Möglichkeit hängend oder stehend montiert werden.

3) Auslegung eines Regelventils

Die Größe eines Regelventils wird durch dessen Durchflusswert bestimmt. Dieser Wert wird Kv-Wert genannt. Der Kv-Wert ist der Wasserdurchfluss durch ein Ventil bei einer Druckdifferenz von 1 bar und einer Wassertemperatur von ca. 20°C. *(Die wenigsten wissen, was dieser Kv-Wert eigentlich bedeutet.)*

Übrigens, auch Handabsperrentile besitzen je nach Größe einen Kv-Wert.

Die Auslegung des Regelventils übernimmt kostenlos der Hersteller. Gut ist es, wenn man die Berechnungen auch selber ausführen kann. *(Es ist schon mehrfach vorgekommen, dass mancher Aussendienstmitarbeiter eines Herstellers von Regelventilen diese Berechnungen nicht mehr zu „Fuß“ durchführen konnte.)* Die Ermittlung des Kv-Wertes ist einfach.

Welche Angaben werden für die Auslegung benötigt?

Die benötigten Prozessdaten für die Auslegung eines Regelventils mit und ohne Hilfsenergie sowie für die rechnerische Ermittlung des Kv-Wertes sind gleich.

Daten Medium:

Druck vor dem Regelventil: P1 [bar]
Druck hinter dem Regelventil: P2 [bar]
Menge, die durch das Ventil strömen soll: M [kg/h]

Es wird bei Wasser noch die Dichte ρ und bei Dampf das spezifische Volumen v'' benötigt. (siehe auch Kapitel Allgemeines, Abhängigkeit Druck/Volumen)

Rechnerische Ermittlung des Kv-Wertes:

Mit zwei einfachen Formeln für das Medium Wasser/Kondensat und Dampf lässt sich der Durchflusswert bestimmen:

Formel für Medium Wasser/Kondensat

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

M = zu regelnder Mengendurchfluß in kg/h
 ρ = Dichte Kondensat in kg/m³
 Δp = Druckverlust (P1 – P2) in bar

Die Dichte des Wassers oder des Kondensats lässt sich in Abhängigkeit von der Temperatur in entsprechenden Fachbüchern nachschlagen (siehe Tabelle im Anhang).

Beispielwerte für Dichte:

20°C – 998 kg/m³
100°C – 958 kg/m³
130°C – 934 kg/m³
160°C – 907 kg/m³
190°C – 876 kg/m³

Der Differenzdruck Δp ergibt sich aus der Differenz zwischen P1 und P2.

► **BEISPIEL WASSER:**

Es soll der Kv-Wert eines Regelventils nachgerechnet werden.

P1: 3 barü

P2: 2 barü

M: 10t/h Wasser mit einer Temperatur von 110°C

Dichte Wasser: ca. 950 kg/m³

Differenzdruck: 3 barü – 2 barü = 1 barü

Menge: 10.000 kg/h

Kv = 10,2

Der rechnerisch ermittelte Wert beträgt Kv = 10,2.

Dieser Wert sollte dann noch mit 1,2 ...1,3 multipliziert werden, um noch eine zusätzliche Sicherheit zu erreichen.

- **ACHTUNG: Jedes Regelventil funktioniert als Druckreduzierung. Eventuell entstehende Nachverdampfung bei Kondensat auf Grund der Druckreduzierung muss bei der Auslegung eines Regelventils beachtet werden (siehe dazu Kapitel *Nachverdampfung*).**

Formel für Medium Dampf

$$Kv = \frac{M}{31,6} \sqrt{\frac{v''}{\Delta p}}$$

M = zu regelnder Mengendurchfluß in kg/h

v'' = spezifisches Volumen von Dampf bei P2 in m³/kg

Δp = Druckverlust (P1 – P2) in bar

Statt der Dichte bei Wasser und Kondensat, muss nun das spezifische Volumen v'' des Dampfes in Abhängigkeit vom Dampfdruck in die Gleichung eingesetzt werden. Diesen Wert erhält man aus Fachbüchern oder aus der Wasserdampf-tafel (siehe Tabelle im Anhang).

Beispielwerte für v'':

1 barü – 0,88 m³/kg

2 barü – 0,60 m³/kg

10 barü – 0,17 m³/kg

Der Differenzdruck Δp ergibt sich aus der Differenz zwischen P1 und P2.

► **BEISPIEL DAMPF:**

Es soll der Kv-Wert eines Regelventils nachgerechnet werden.

P1: 3 barü

P2: 2 barü

M: 10t/h Dampf

Spez. Volumen Dampf bei P2: $v'' = 0,6 \text{ m}^3/\text{kg}$ *)

Differenzdruck: 3 barü – 2 barü = 1 barü

Menge: 10.000 kg/h

Der rechnerisch ermittelte Wert beträgt $K_v = 244,9$.

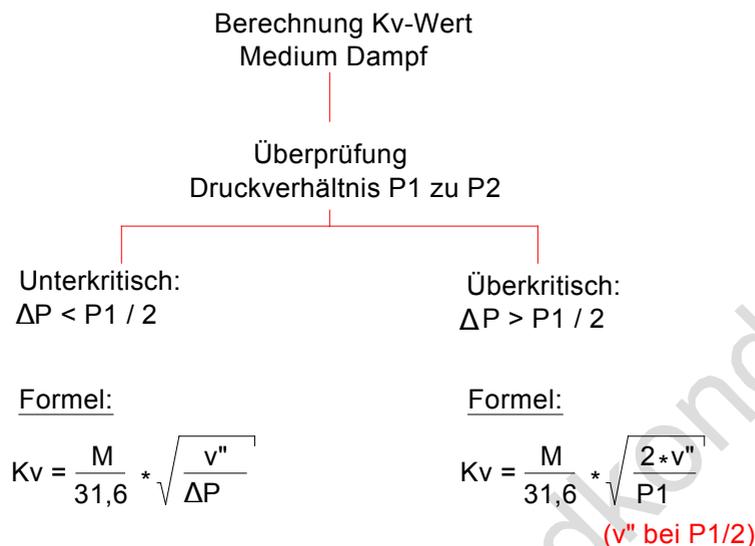
Dieser Wert sollte dann noch mit 1,2 ...1,3 multipliziert werden, um noch eine zusätzlich Sicherheit zu erreichen.

*) *Warum ermittelt man den Wert des spezifischen Volumens mit dem Druck P2? Man braucht sich nur die spezifischen Volumen in einer Tabelle anzusehen und sich daran erinnern, dass die Druckreduzierung von Vordruck P1 zu reduzierten Druck P2 direkt im Ventilsitz des Regelventils stattfindet. Dampf mit 3 bar (0,4 m³/kg) hat ein ca. 40% kleineres Volumen als Dampf mit 2 barü. Würde man das spezifische Volumen von Dampf mit 3 barü (P1) in die Formel einsetzen, so beträgt der rechnerisch ermittelte Kv-Wert 200 und das Ventil wäre bei maximalen Durchfluss zu klein.*

Überkritische Druckverhältnisse bei Dampf

Zuvor genannte Druckverhältnisse P1 zu P2 bezeichnet man als unterkritisch. Bei überkritischen Verhältnissen kommt eine andere Gleichung für die Ermittlung des Kv-Wertes für Dampf zur Anwendung. Das Entscheidungskriterium ist der Differenzdruck.

D.h. will man ein Regelventil oder eine Regelklappe für Dampf auslegen, so muss zunächst geprüft werden, welche Druckverhältnisse vorliegen.



Unterkritisch: $\Delta p < P1 / 2$

Beispiel: P1 = 3 barü , P2=2,0 barü → Vergleich: $\Delta p = 1,0$ barü P1:2 = 1,5

Überkritisch: $\Delta p > P1 / 2$

Beispiel: P1 = 6 barü , P2=1,5 barü → Vergleich: $\Delta p = 4,5$ barü P1:2 = 3,0

Ermittlung des Kv-Wert bei überkritischen Verhältnissen:

► **BEISPIEL:**

Es soll der Kv-Wert eines Regelventils für Dampf nachgerechnet werden.

P1: 6 barü

P2: 1 barü

M: 10t/h Dampf

Differenzdruck: 6 barü – 1 barü = 5 barü

Überkritische Verhältnisse weil $\Delta p > P1/2$

$$K_v = \frac{M}{31,6} \sqrt{\frac{2v''}{P_1}}$$

M = zu regelnder Mengendurchfluß in kg/h
v'' = spezifisches Volumen von Dampf bei P1/2 in m³/kg

Diesmal wird aber das spezifische Volumen des Dampfes bei P1:2 benötigt. Nicht weiter darüber nachdenken, einfach einsetzen.

Spez. Volumen Dampf bei P1:2 (3 barü) = 0,46 m³/kg

Der rechnerisch ermittelte Wert beträgt Kv=123,4.

Dieser Wert sollte dann noch mit 1,2 ...1,3 multipliziert werden, um noch eine zusätzliche Sicherheit zu erreichen

Der benötigte Kv-Wert eines Regelventils wurde bestimmt. Mit einem Katalog vom Hersteller lässt sich mit Hilfe des Kv-Wertes die Größe des Regelventils bestimmen.

Soll das Regelventil bei einem Hersteller angefragt werden, sind weitere Angaben notwendig:

- Ist eine Sicherheitsstellung des Antriebs notwendig? (*siehe oben*) Wenn Ja, Welche?
- Welcher Luftdruck steht zur Verfügung? (Arbeitsluft)
- Gegen welchen maximalen Druck soll das Regelventil dicht schließen? (*siehe oben*)

Mit diesen Angaben lässt sich im Herstellerkatalog die richtige Größe des Antriebs ermitteln. (*Besser ist es aber den Hersteller direkt anzufragen.*)

Die Zweiphasenströmung als Besonderheit

Oben wurde die Berechnung des Kv-Wertes für Dampf oder Kondensat aufgeführt. Was ist aber, wenn Dampf **und** Kondensat durch die Rohrleitung strömt. Dieses Problem hat man z.B. bei Dampf-u. Kondensatsystemen in der Papierindustrie hinter den Trockenzyklindern.

Die Kv-Werte für Kondensat und Dampf werden wie oben beschrieben errechnet und anschließend addiert.

4) Regelklappen

Regelklappen werden in Dampf- und Kondensatsystemen genauso häufig eingesetzt wie Regelventile. Die Auslegung, die Funktion sowie der grundsätzliche Aufbau des pneumatischen Antriebes und des Stellungsreglers sind gleich.

Ein großer Unterschied besteht im Aufbau des Ventilkörpers. Bei oben beschriebenen Regelventilen wird die Regelung des Durchsatzes von Kondensat oder Dampf durch die Bewegung der Kegelstange mit Hilfe des pneumatischen Antriebes erreicht.

Bei Regelklappen bewegt sich eine Klappe innerhalb des Ventilkörpers. Auch hier wird die mechanische Bewegung durch die Bewegung der Membrane im pneumatischen Antrieb erreicht.

Regelklappen besitzen auf Grund der bewegten größeren Klappe einen größeren Kv-Wert im Vergleich zu Regelventilen bei gleicher Nennweite. Die Klappe gibt einen größeren Querschnitt frei und so kann mehr Kondensat oder Dampf strömen. Da, wo bei gleicher Nennweite die Leistungsfähigkeit eines Regelventils zu Ende ist, kommt die Regelklappe zum Einsatz.

Wie schon beschrieben ist die Auslegung gleich. Es gibt für die pneumatischen Antriebe ebenso eine Sicherheitsstellung.

Bei Regelklappen findet oftmals die Bezeichnung Cv-Wert statt Kv-Wert Anwendung.

Hat man den Kv-Wert ermittelt, dann umrechnen: $Cv = 1,16 \times Kv$