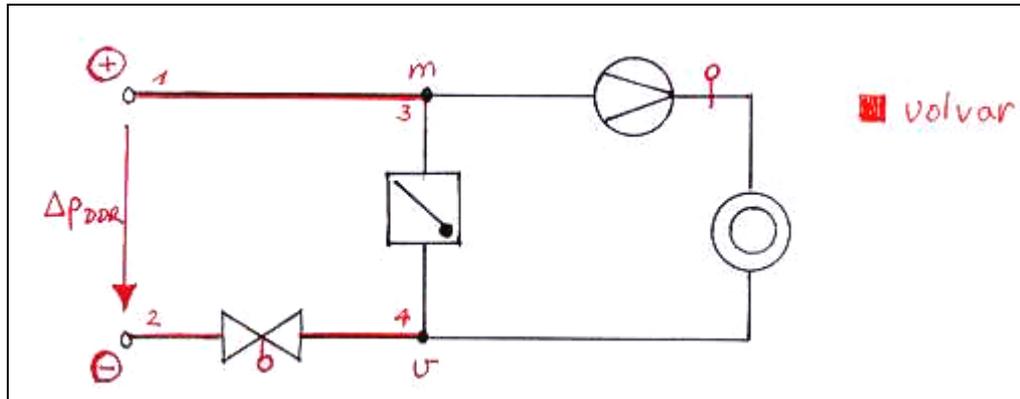


Durchgangsventile als Stell- und Regelventile

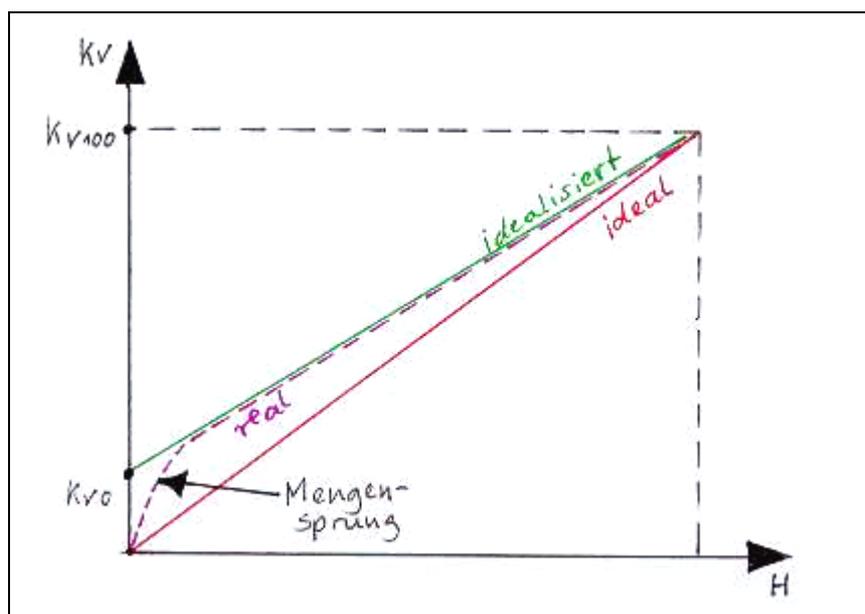
1. Lineare Ventile

- lineare Ventile bevorzugt für reine Mischtemperaturregelstrecken
- Beispiel: Wärmeübergabe in Fernwärmeanwendungen



direkte Wärmeübergabe ohne Wärmeübertrager zwischen Meß- und Stellort
lineares Ventil mit hoher Ventilautorität anwenden

- $$a_v = \frac{\Delta p_{V100}}{\Delta p_{V100} + \Delta p_{vol\ var\ 100}} = \frac{\Delta p_{V100}}{\Delta p_{V100} + \Delta p_{RL13,24}}$$
 Ventilautorität für diese Anwendung
- hohe a_v sind fast immer gegeben, denn Leitungen haben meist geringe Verluste gegenüber den Ventilen
- Die Grundkennlinie von Linearventilen:



- $$\frac{k_v}{k_{v100}} = \frac{H}{H_{100}}$$
 die lineare Grundkennlinie (ideal)

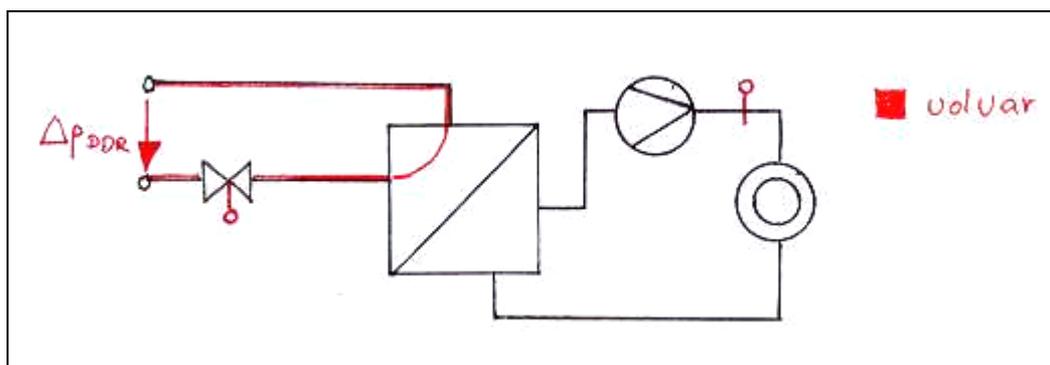
- $$\frac{k_v}{k_{v100}} = \frac{k_{v0}}{k_{v100}} + n_{lin} \cdot \frac{H}{H_{100}}$$
 die lineare Grundkennlinie (idealisiert)

- in Zukunft wird – wenn nicht anders gegeben – mit der idealen Kennlinie gerechnet

- $$S_{v0} = \frac{k_{vs}}{k_{v0}}$$
 Stellverhältnis

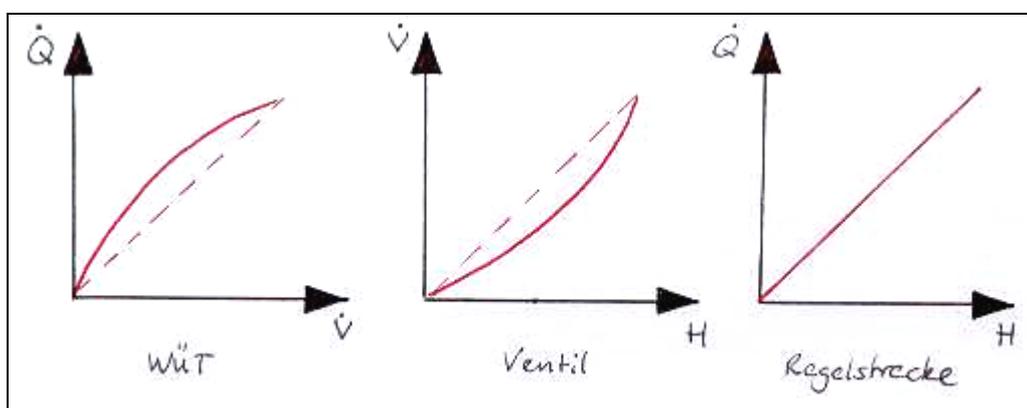
2. Gleichprozentige Ventile

- gleichprozentige Ventile bevorzugt für Kombinationen von Regelventil und Wärmeübertrager
- Beispiel: Wärmeübergabe in Fernwärmanwendungen



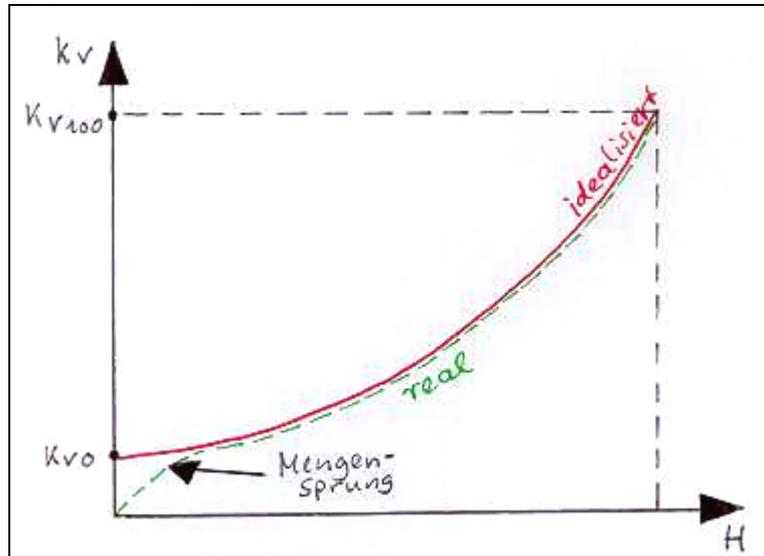
indirekte Wärmeübergabe mit Wärmeübertrager zwischen Meß- und Stellort
gleichprozentiges Ventil mit hoher Ventilautorität anwenden

- Warum setzt man hier gleichprozentige Ventile ein?



- $$a_v = \frac{\Delta p_{V100}}{\Delta p_{V100} + \Delta p_{\text{vol var } 100}} = \frac{\Delta p_{V100}}{\Delta p_{\text{DDR}}}$$
 Ventilautorität für diese Anwendung

- Die Grundkennlinie von gleichprozentigen Ventilen:



- $$\frac{k_v}{k_{v100}} = e^{n \cdot \left(\frac{H}{H_{100}} - 1 \right)}$$
 die gleichprozentige Grundkennlinie (idealisiert)

- in Zukunft wird – wenn nicht anders gegeben – mit der idealisierten Kennlinie gerechnet

- $$S_{v0} = \frac{k_{vs}}{k_{v0}}$$
 Stellverhältnis

- $$n = \frac{\ln(k_v / k_{v100})}{H / H_{100} - 1} = \ln S_{v0}$$
 Faktor n

- typische Werte in der Versorgungstechnik

$S_{v0} =$	<u>25</u> ...50
$n =$	<u>3,2</u> ...4

3. Betriebskennlinie von gleichprozentigen und linearen Ventilen

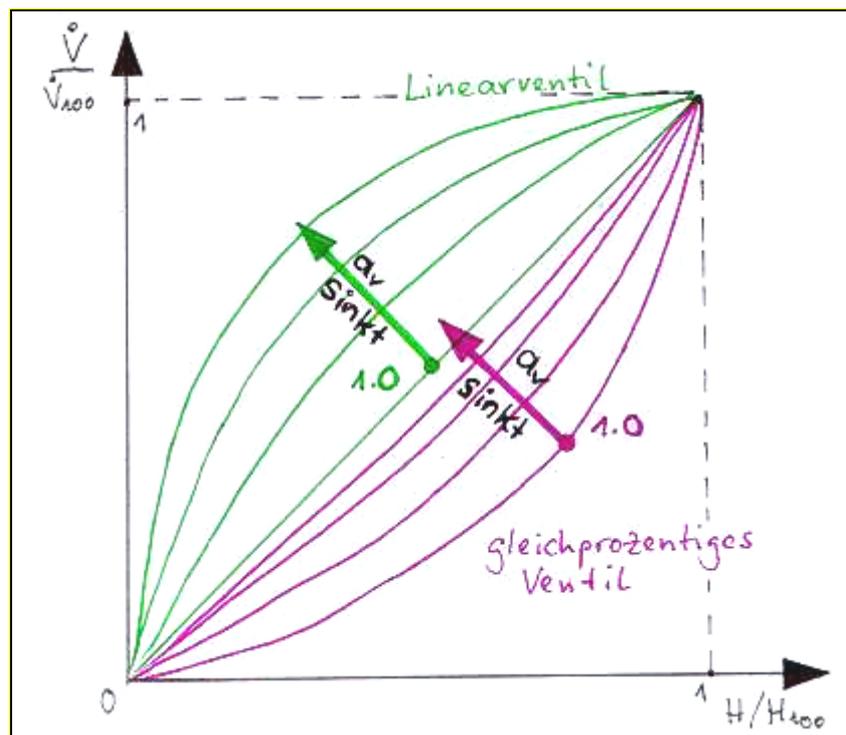
- die folgenden drei Formeln gelten nur für $\Delta p_{\text{ges}} = \text{konst!}$

- $$\frac{\dot{V}}{\dot{V}_{100}} = \sqrt{\frac{1}{1 - a_v + \frac{a_v}{\left(\frac{k_v}{k_{v100}}\right)^2}}}$$
 allgemeine Betriebskennlinie

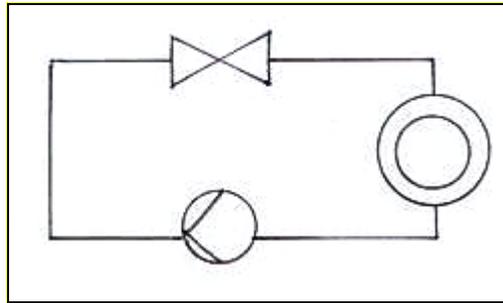
- $$\frac{\dot{V}}{\dot{V}_{100}} = \sqrt{\frac{1}{1 - a_v + \frac{a_v}{\left(\frac{H}{H_{100}}\right)^2}}}$$
 Betriebskennlinie für lineares Ventil

- $$\frac{\dot{V}}{\dot{V}_{100}} = \sqrt{\frac{1}{1 - a_v + \frac{a_v}{e^{\frac{2 \cdot n \cdot (H/H_{100} - 1)}}}}}$$
 Betriebskennlinie für gleichprozentiges Ventil

- bei unregelter Pumpe Anstieg des Gesamtdruckes Δp_{ges} mit sinkendem Volumenstrom
- mit Δp_{konst} -geregelten Pumpen können die Formeln angewandt werden
- Betriebskennlinien für lineare Ventile und gleichprozentige Ventile:



- Beispiel: Berechnung des Ventilhubes für ein Linearventil
- gegeben ist das folgende System:



- gegebene Auslegungsdaten:
 konstant geregelte Pumpe mit Druckerhöhung laut Auslegungsfall $\Delta p_p = 0,2 \text{ bar}$
 Volumenstrom im Auslegungsfall $\dot{V}_A = 1 \text{ m}^3 / \text{h}$
 lineares Ventil (ideale Kennlinie), $\Delta p_{v100} = 0,16 \text{ bar}$
 Druckabfall im Netz+Verbraucher $\Delta p_{\text{rest}100} = 0,04 \text{ bar}$

- Frage: Wie groß ist der Hub des Ventils für halben Volumenstrom im Netz?
- Druckabfall des Restkreises bei halbem Volumenstrom:

$$\Delta p_{\text{rest,teil}} = \Delta p_{\text{rest}100} \cdot \left(\frac{\dot{V}_{\text{teil}}}{\dot{V}_{100}} \right)^2 = 0,04 \text{ bar} \cdot (0,5)^2 = 0,01 \text{ bar}$$

- Druckabfall über dem Ventil bei konstanter Druckerhöhung durch die Pumpe:
 $\Delta p_{v,\text{teil}} = \Delta p_p - \Delta p_{\text{rest,teil}} = 0,2 \text{ bar} - 0,01 \text{ bar} = 0,19 \text{ bar}$

- k_v -Werte für das Ventil im Auslegungs- und Teillastfall:

$$k_{v100} = \dot{V}_{100} \cdot \sqrt{\frac{1 \text{ bar}}{\Delta p_{v100}}} = 1 \text{ m}^3 / \text{h} \cdot \sqrt{\frac{1 \text{ bar}}{0,16 \text{ bar}}} = 2,5 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$k_{v\text{teil}} = \dot{V}_{\text{teil}} \cdot \sqrt{\frac{1 \text{ bar}}{\Delta p_{v\text{teil}}}} = 0,5 \text{ m}^3 / \text{h} \cdot \sqrt{\frac{1 \text{ bar}}{0,19 \text{ bar}}} = 1,15 \text{ m}^3 / \text{h}$$

- Verhältnis der Hübe für das Ventil:

$$\frac{H}{H_{100}} = \frac{k_{v\text{teil}}}{k_{v100}} = \frac{1,15}{2,5} = 0,46$$

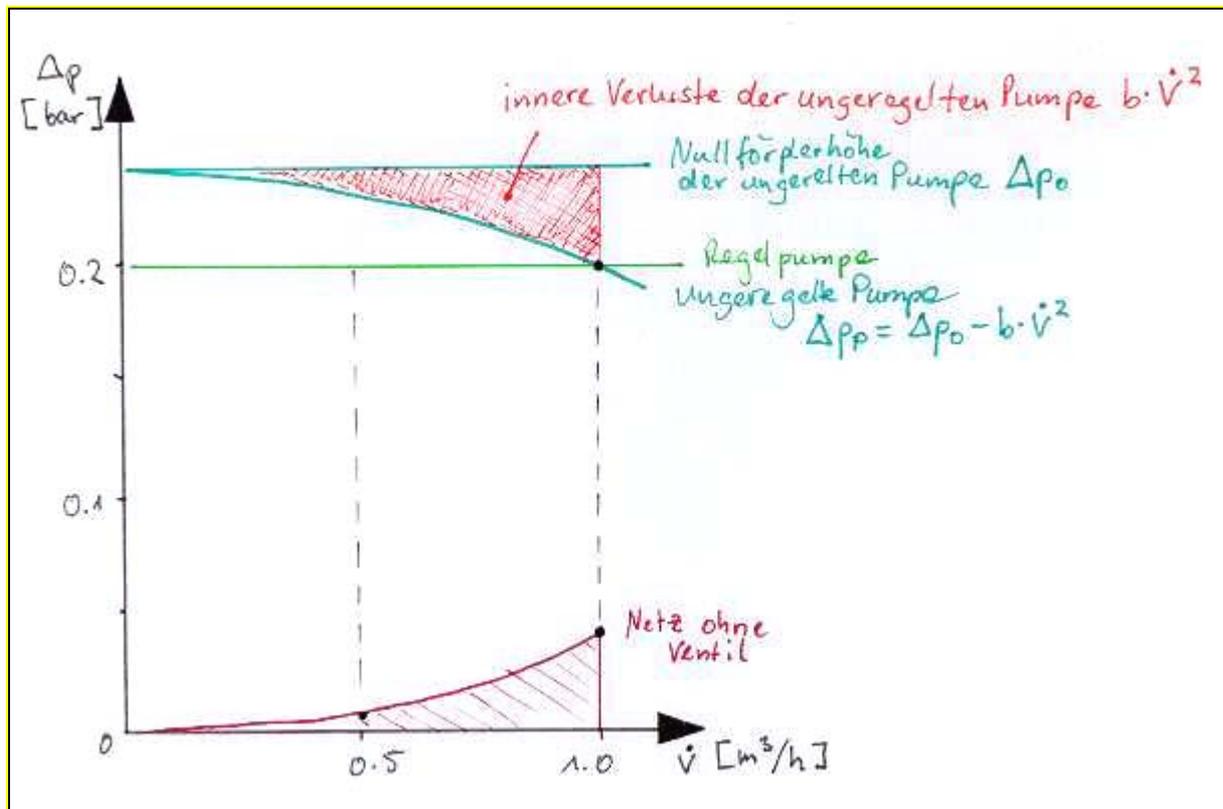
- für den Fall, dass nur noch der halbe Volumenstrom fließen soll, muss das Linearventil auf 46 % seines vollen Hubes gehen

- Überprüfung der Ergebnisse mit der allgemeinen Formel für die Betriebskennlinie:

$$a_v = \frac{0,16 \text{ bar}}{0,2 \text{ bar}} = 0,8$$

$$\frac{\dot{V}}{\dot{V}_{100}} = \sqrt{\frac{1}{1 - 0,8 + \frac{0,8}{0,46^2}}} = 0,5 \quad \text{stimmt!}$$

- Anwendung einer ungerelgten Pumpe für diesen Fall:
- im $\Delta p, \dot{V}$ -Diagramm:

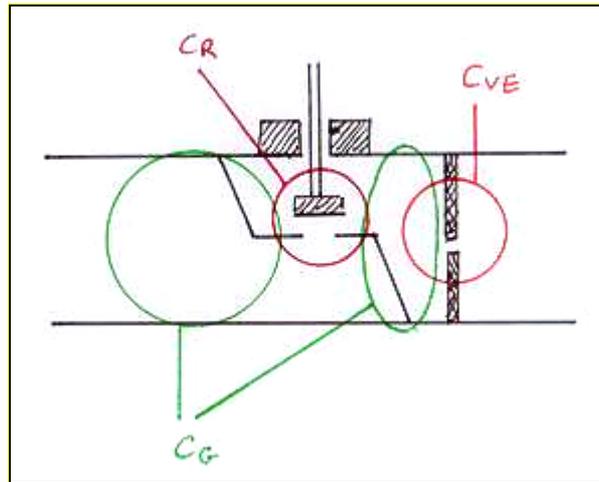


- Die folgende Ventilautorität berücksichtigt innere Pumpenverluste:

$$a_v^* = \frac{\Delta p_{v100}}{\Delta p_0}$$

4. Ehrliche Ventilautorität von Durchgangsventilen

- Zusammensetzung des Widerstandes eines Durchgangsventils:



- Der Widerstand des Ventils besteht aus

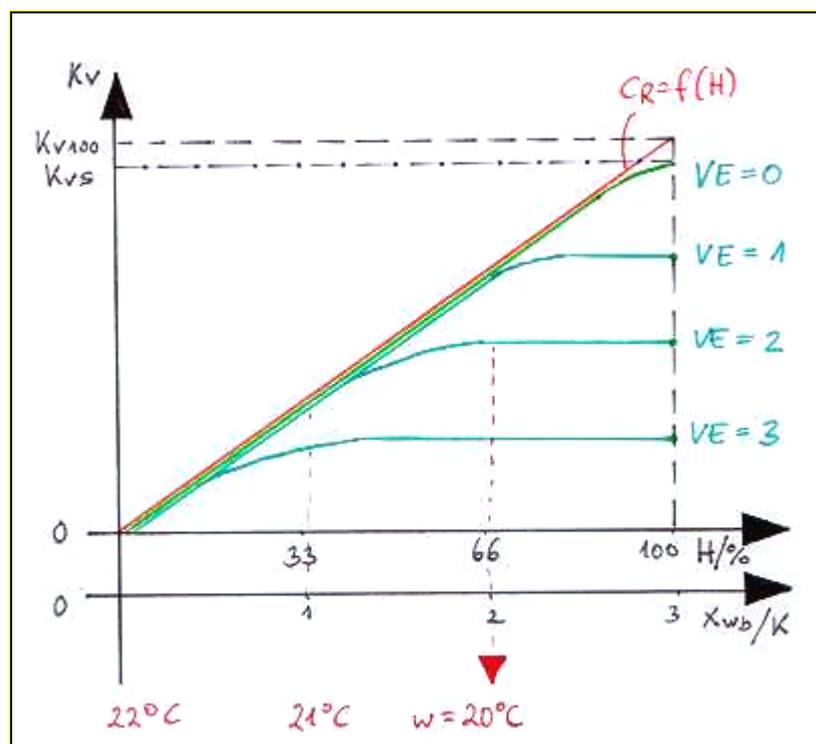
dem Regelwiderstand	C_R	– variabel je nach Ventilstellung
dem Gehäusewiderstand	C_G	– fest für jede Ventilstellung
dem Widerstand der Voreinstellung	C_{VE}	– fest für jede Ventilstellung

$$C_V = C_G + C_R + C_{VE}$$

- die „ehrliche Ventilautorität“ bezieht in ihre Betrachtung nur den veränderlichen Widerstand C_R ein, alle festen Widerstände des Ventils werden dem angeschlossenen Netz als in Reihe geschaltete Widerstände zugeschrieben:

$$a_{v,ehrlich} = \frac{\Delta p_{v100,R100}}{\Delta p_{ges100}}$$

- Bestimmung von $\Delta p_{v100,R100}$:



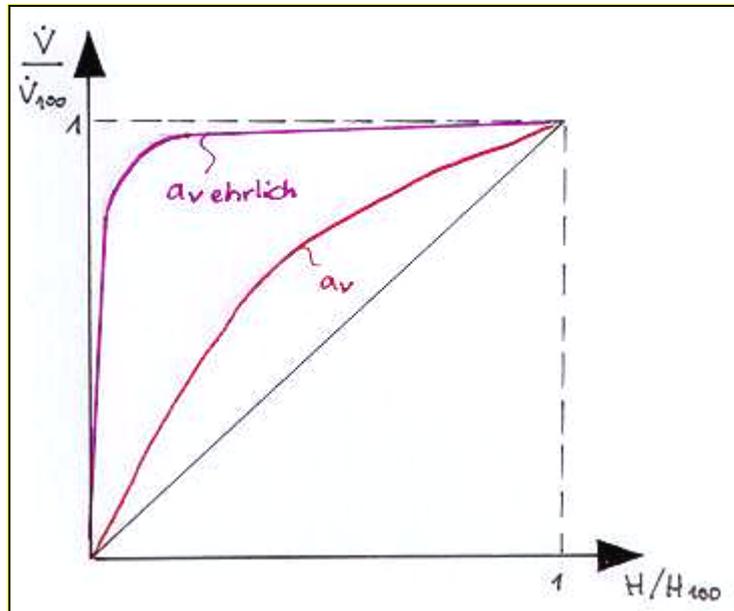
- k_{vs} ist der reale Wert, den der Hersteller liefert
 k_{v100} wird bestimmt, indem die Tangente an die Kurve „VE=0“ angelegt wird
 aus k_{v100} wird c_R bestimmt : $k_{v100} = \dot{V}_{100} \cdot \sqrt{\frac{1\text{bar}}{\Delta p_{v100,R100}}}$
- zum Bild:
 wenn bei einer 2K- Auslegung des Ventils ein Sollwert von 20°C gegeben ist, der Ist-Wert aber 21°C im Raum beträgt, so schließt das Ventil mit der VE=3 so gut wie nicht, obwohl bereits eine Regelabweichung von 1K anliegt!
 Erst die Ventile mit $VE \leq 2$ reagieren über den gesamten P-Bereich von 2K einigermaßen linear.
- Folgen zu hoher Voreinstellung:
 höhere Regelabweichungen nötig, bevor das Ventil beginnt zu reagieren
 stark entartete Ventilkennlinie
 sehr stark entartete Gesamtkennlinien, Neigung zu unstetigem 2-Punkt-Verhalten
- Beispiel: Anwendung der ehrlichen Ventilautorität und Konsequenzen
- gesucht: normale und ehrliche Ventilautorität
- gegeben für den Auslegungsfall:
 Volumenstrom $\dot{V}_A = 20\text{l/h}$
 Druckabfall über dem Restkreis $\Delta p_{rest100} = 0,1\text{bar}$
 Druckabfall über dem Ventil $\Delta p_{v100} = 0,1\text{bar}$
 Das Ventil soll für einen P-Bereich von 2 K ausgelegt werden.
- k_v -Wert für Auslegung: $k_{v,VE} = 0,02 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot \sqrt{\frac{1\text{bar}}{0,1\text{bar}}} = 0,063 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$
 aus den Herstellerunterlagen wird ein Ventil so gewählt, dass mit Voreinstellung dieser k_v -Wert erreicht wird. Zum Beispiel ergibt sich die Voreinstellung VE=6.
 Aus den Herstellerunterlagen wird durch Anlegen der Tangente ein k_{v100} von $0,35\text{m}^3/\text{h}$ abgelesen.
- Bestimmung des Druckabfalls über dem Regelkegel bei voller Öffnung:

$$\Delta p_{v100,R100} = \left(\frac{0,02\text{m}^3/\text{h}}{0,35\text{m}^3/\text{h}} \right)^2 \cdot 1\text{bar} = 0,00326\text{bar}$$
 Der gesamte Restdruck von 0,0474 fällt über der Voreinstellung ab!
- Ventilautoritäten

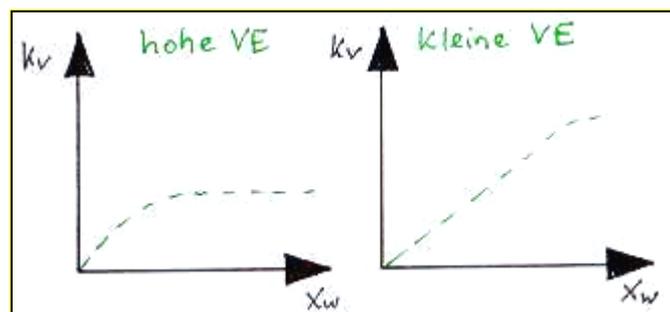
übliche Ventilautorität: $a_v = \frac{\Delta p_{v100}}{\Delta p_{v100} + \Delta p_{Rest100}} = \frac{0,5}{0,5 + 0,5} = 0,5$

$$\text{Ehrliche Ventilautorität: } a_{v,\text{ehrllich}} = \frac{\Delta p_{v100,R100}}{\Delta p_{v100,\text{Rest}100} + \Delta p_{\text{Rest}100}} = \frac{0,00326}{1,0} = 0,015$$

- Vergleich der Betriebskennlinien:



- die ehrliche Ventilautorität ist vernachlässigbar gering und schlecht; das Regelverhalten gleicht fast dem eines 2-Punktreglers; der höchste Druckabfall in einem voreingestellten Ventil ist über die Voreinstellung
- Vorteil der Voreinstellung: auch bei großen Regelabweichungen (zum Beispiel nach Nachtabsenkung) ist der Volumenstrom durch das Ventil begrenzt:



- um das gesamte Problem so gering wie möglich zu halten: immer Ventile mit möglichst kleinem k_{vs} wählen, dann wird die nötige Voreinstellung am geringsten!

Quelle: Skript zur Vorlesung "Neue Heiz- und Energietechnologien" an der Fachhochschule Braunschweig Wolfenbüttel; erarbeitet von Prof. Dr.-Ing. D. Wolff und erstellt von Dipl.-Ing. (FH) K. Jagnow; Wolfenbüttel; 2000