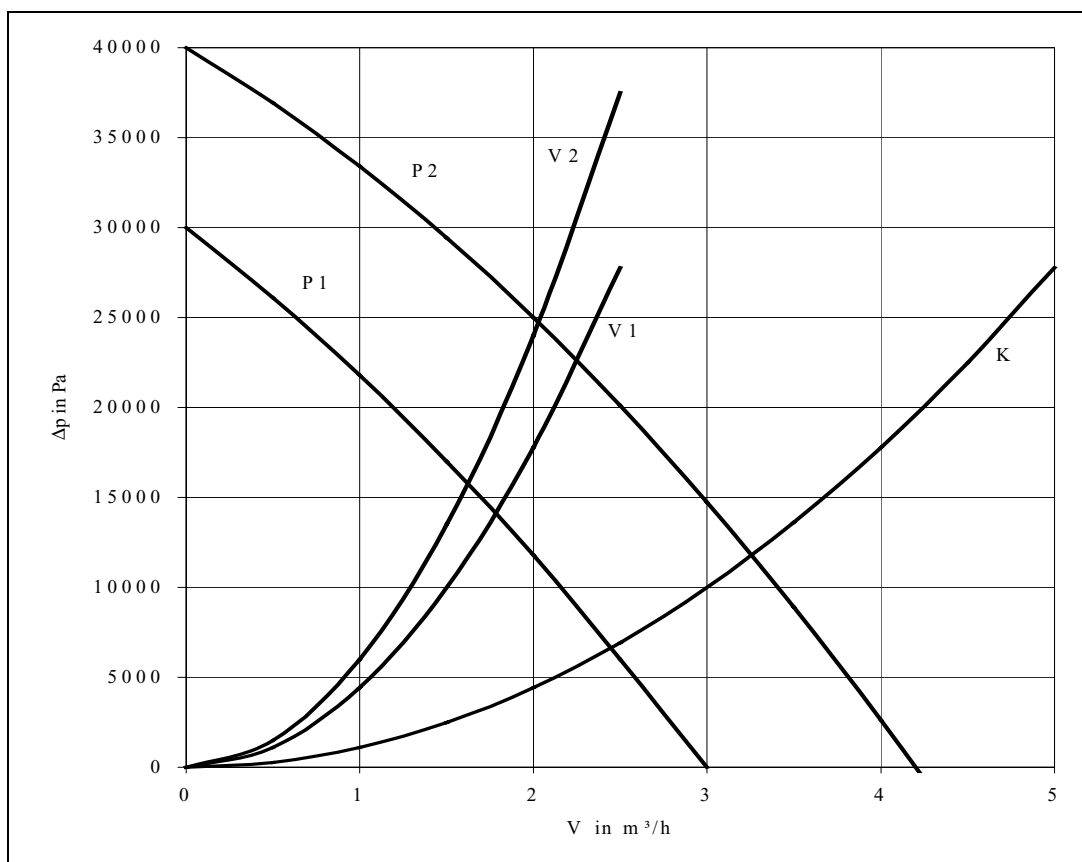
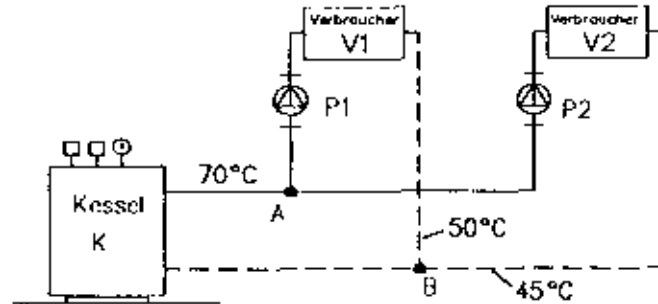


## Aufgabe - Zusammenwirken von Pumpe und Netz

Gegeben ist das folgende Anlagenschema mit eingetragenen Pumpen- und Rohrnetzkenmlinien.



Die Gleichung der Pumpenkenlinie der Pumpe P2 lautet:

$$\Delta p_{P2} = -919,9 \cdot \dot{V}^2 - 5660,2 \cdot \dot{V} + 40000 \quad \text{in Pa und m}^3/\text{h}.$$

- a) Zu ermitteln sind die Volumenströme durch den Kessel K, die Verbraucher V1 und V2 sowie die Druckgefälle  $\Delta p_{(A-V1-B)}$ ,  $\Delta p_{(A-V2-B)}$ ,  $\Delta p_{(B-K-A)}$ . Geben Sie die Werte an.
- b) Berechnen Sie mit den unter a. ermittelten Volumenströmen und den angegebenen Temperaturen die Kesselrücklaufemperatur.
- c) Die Pumpe P1 wird abgeschaltet und der Verbraucher V1 abgesperrt. Die Kesselrücklaufemperatur beträgt  $55\text{ }^\circ\text{C}$ . Berechnen Sie für diesen Fall den Volumenstrom durch den Kessel, Die Förderhöhe der Pumpe  $H_P$  sowie die Druckverluste  $\Delta p_{V2}$  und  $\Delta p_K$ . ( $c_P = 4,2\text{ kJ/kg K} = \text{const.}$ )
- d) Bei gleichen Betriebsbedingungen wie unter c. wird vor dem Verbraucher V2 ein Regelventil mit einem  $k_{vS}$ -Wert von  $3\text{ m}^3/\text{h}$  eingebaut. Auf welchen Wert sinkt der Volumenstrom bei voll geöffnetem Regelventil?

## Lösung

a.)  $\dot{V}_1 = 1,35\text{ m}^3/\text{h}$      $t_1 = 50\text{ }^\circ\text{C}$   
 $\dot{V}_2 = 1,7\text{ m}^3/\text{h}$      $t_2 = 45\text{ }^\circ\text{C}$   
 $\dot{V}_K = 3,05\text{ m}^3/\text{h}$

$\Delta p_{(A-V1-B)} \approx 8100\text{ Pa}$   
 $\Delta p_{(A-V2-B)} \approx 17300\text{ Pa}$   
 $\Delta p_{(B-K-A)} \approx 10400\text{ Pa}$

b.)  $t = \frac{\dot{m}_1 \cdot c_{p1} \cdot t_1 + \dot{m}_2 \cdot c_{p2} \cdot t_2}{\dot{m}_1 \cdot c_{p1} + \dot{m}_2 \cdot c_{p2}} = \frac{\dot{V}_1 \cdot \rho_1 \cdot t_1 + \dot{V}_2 \cdot \rho_2 \cdot t_2}{\dot{V}_1 \cdot \rho_1 + \dot{V}_2 \cdot \rho_2}$     für  $c_{p1} \approx c_{p2}$

$t = \frac{1,35 \cdot 988,1 \cdot 50 + 1,7 \cdot 990,3 \cdot 45}{1,35 \cdot 988,1 + 1,7 \cdot 990,3} = 47,2\text{ }^\circ\text{C}$

c.)

## Druckerhöhung der Pumpe 2

P2    gegeben

### Widerstand und Druckverlust für V2 bestimmen:

allgemein:  $\Delta p_{V2} = ? = C \dot{V}^2$

Testpunkt:  $\dot{V}_2 = 2\text{ m}^3/\text{h}$ ,

$\Delta p_2 = 24000\text{ Pa}$

Widerstand:  $C = \frac{24000}{2^2} = 6000 \frac{\text{Pa} \cdot \text{h}^2}{\text{m}^6}$

Kennlinie:  $\Delta p_{v2} = 6000 \cdot \dot{V}^2$

### Widerstand und Druckverlust des Kessels:

$$\text{Testpunkt: } \dot{V}_K = 3 \text{ m}^3/\text{h},$$

$$\Delta p_K = 10000 \text{ Pa}$$

$$\text{Widerstand: } C = \frac{10000}{3^2} = 1111,11 \frac{\text{Pa} \cdot \text{h}^2}{\text{m}^6}$$

$$\text{Kennlinie: } \Delta p_K = 1111,11 \cdot \dot{V}^2$$

### Verschaltung V2 und Kessel (neue Netzkennlinie):

$$\Delta p = 7111,11 \cdot \dot{V}^2 \text{ (in Reihe aus } 1111,11 + 6000)$$

### Betriebspunkt (Pumpe und Netz gleichsetzen):

$$\Delta p = \Delta p_P = 7111,11 \cdot \dot{V}^2 = -919,9 \cdot \dot{V}^2 - 5660,2 \cdot \dot{V} + 40000$$

$$8031,01 \cdot \dot{V}^2 = -5660,2 \cdot \dot{V} + 40000$$

$$\dot{V}^2 = -0,705 \cdot \dot{V} + 4,981$$

$$\dot{V} = -0,352 \pm \sqrt{4,981 + 0,352}$$

$$\dot{V} = 1,91 \text{ m}^3/\text{h}$$

Damit ergeben sich die Druckverluste:

$$\Delta p_P = 7111,11 \cdot \dot{V}^2 = 25942 \text{ Pa}$$

$$\Delta p_K = 1111,11 \cdot \dot{V}^2 = 4053 \text{ Pa}$$

$$\Delta p_v = 6000 \cdot \dot{V}^2 = 21889 \text{ Pa}$$

Damit ergibt sich die Förderhöhe:

$$t_v = 70 \text{ }^\circ\text{C}, \quad t_R = 55 \text{ }^\circ\text{C} \quad \Rightarrow \quad t_m = 62,5 \text{ }^\circ\text{C} \quad \Rightarrow \quad \rho_{62,5^\circ\text{C}} = 981,9 \text{ kg/m}^3$$

$$H = \frac{\Delta p}{\rho \cdot g}$$

$$H = \frac{25942}{981,9 \cdot 9,81} \text{ Pa} \frac{\text{m}^3 \text{ s}^2}{\text{kg m}} = 2,69 \text{ m}$$

d.)

Gegeben ist:  $k_{vs} = 3 \text{ m}^3/\text{h}$

Es gilt allgemein:  $\dot{V} = k_v \sqrt{\frac{\Delta p_v}{1 \text{ bar}} \cdot \frac{1000}{981,9}}$

### Druckverlust über dem Ventil

allgemein:  $\Delta p_{vR} = \frac{\dot{V}^2}{k_v^2} \cdot \frac{981,9}{1000} \cdot 1 \text{ bar}$

### Verschaltung in Reihe mit dem Netz (V2 und Kessel)

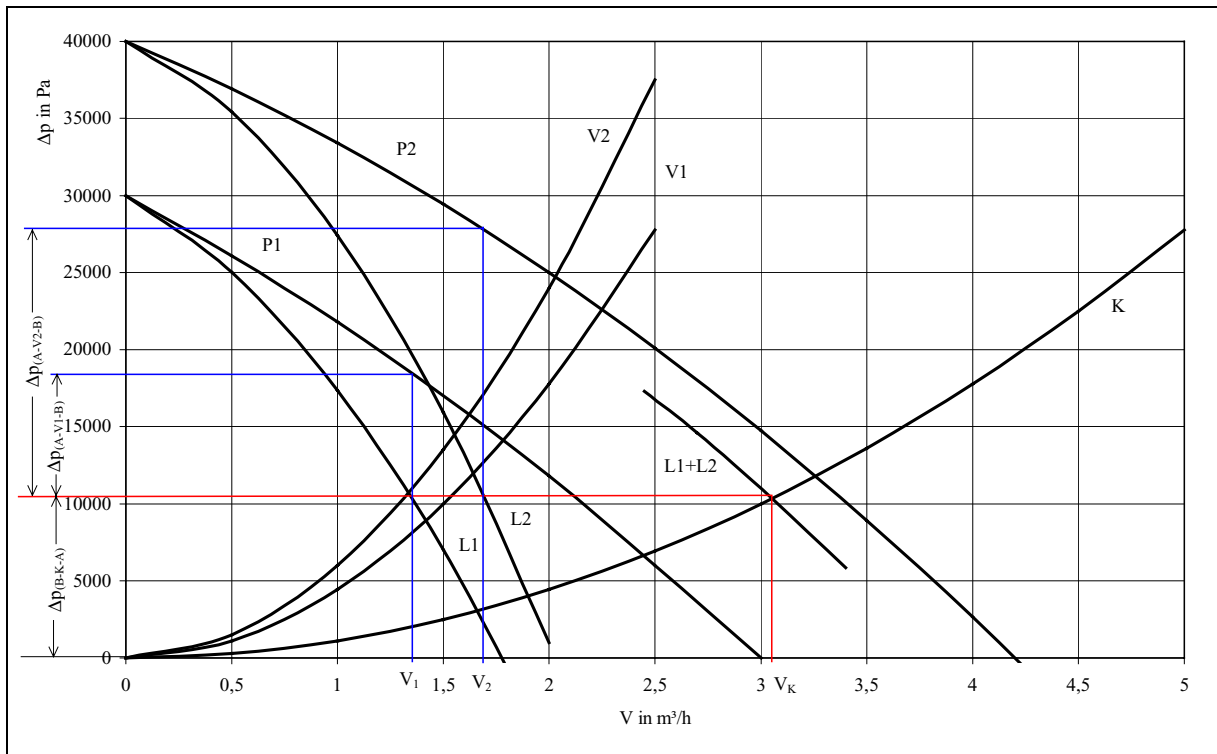
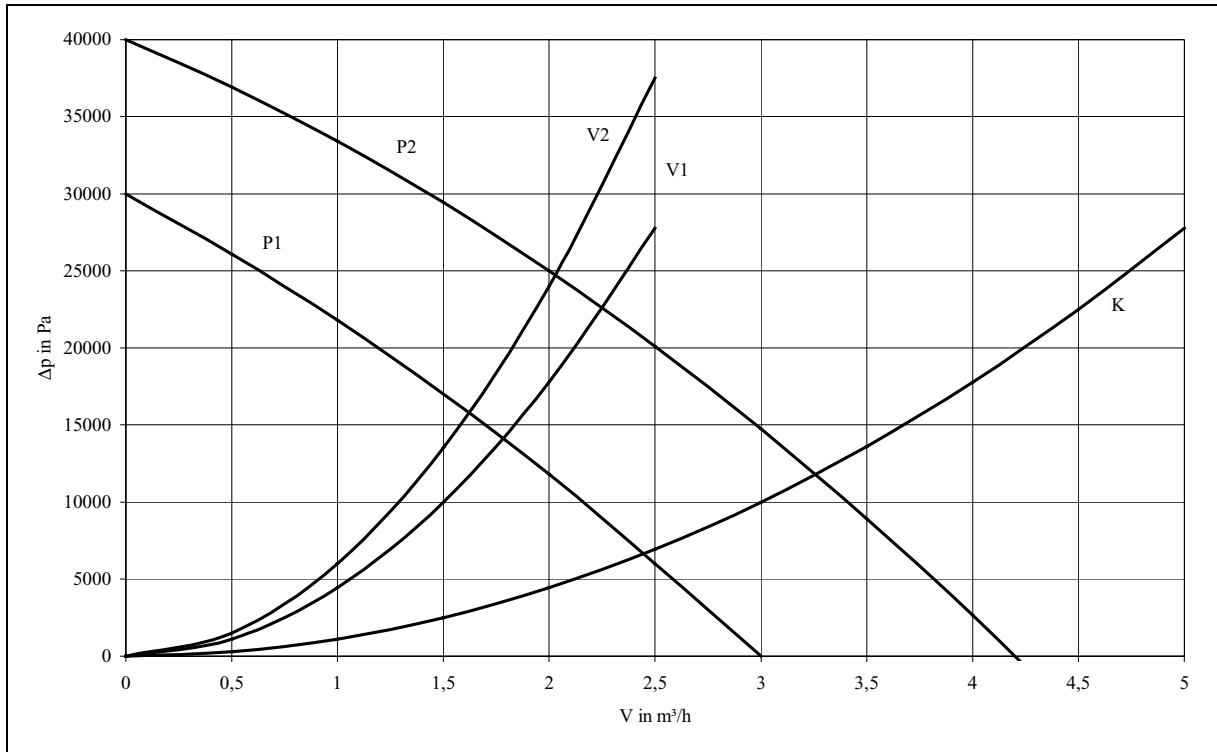
$$\begin{aligned}\Delta p_{V+K+R} &= 7111,11 \cdot \dot{V}^2 + \frac{\dot{V}^2}{k_{vs}^2} \cdot \frac{981,9}{1000} \cdot 10^5 \text{ Pa} \\ &= 7111,11 \cdot \dot{V}^2 + 10910 \cdot \dot{V}^2 \\ &= 18021 \cdot \dot{V}^2\end{aligned}$$

### Betriebspunkt (Netz und Pumpe gleichsetzen) und neuer Volumenstrom:

$$\begin{aligned}18021 \cdot \dot{V}^2 &= -919,9 \cdot \dot{V}^2 - 5660,2 \cdot \dot{V} + 40000 \\ \dot{V}^2 + 0,299 \cdot \dot{V} &= 2,112 \\ \dot{V} &= -0,149 \pm \sqrt{2,112 + 0,022} \\ \dot{V} &= 1,31 \text{ m}^3/\text{h}\end{aligned}$$

### Verschaltungsbilder:

nächste Seiten



Quelle: Datenpool IfHK, FH Wolfenbüttel