

Aus der Heizlastberechnung ergab sich für das gesamte Gebäude ein Wert von 25 kW. Die Vorlauftemperatur ist mit 70°C und die Rücklauftemperatur mit 50 °C geplant. Die Rohrreibungsverluste (R) sind mit 50 Pa pro m Rohrlänge angegeben. Die Rohrlänge (L) beträgt 70 m (Hin- und Rücklauf zusammen).

Der Zuschlagsfaktor (ZF) beträgt 2,2.

Berechnung des Volumenstromes:

$$\Phi_N = \dot{m} \cdot c \cdot \Delta\vartheta \quad \text{mit } \Phi_N = \dot{Q}$$

$$\Phi_N = \dot{V} \cdot c \cdot \Delta\vartheta \quad \text{mit } 1 \text{ kg} = 1 \text{ Liter}$$

Die Formel wird umgestellt:

$$\dot{V} = \frac{\Phi_N}{c \cdot \Delta\vartheta}$$

Werte eingesetzt ($\Phi_N = 25 \text{ kW}$; $c = 1,163 \frac{\text{Wh}}{\text{kg K}}$; $\Delta\vartheta = 20 \text{ K}$)

$$\dot{V} = \frac{25}{1,163 \cdot 20} \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$\dot{V} = 1,0748 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$\dot{V} \approx 1,1 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Berechnung der Förderhöhe (erforderlicher Druck)

$$H_{PU} = \frac{R \cdot L \cdot ZF}{10000} \text{ m}$$

Dieses ist eine "Fertigformel", deshalb habe ich auch auf die Darstellung der Einheiten verzichtet. R wird in Pa, L in m und ZF ohne Einheit eingesetzt, dann kommt das Ergebnis (automatisch) in Meter heraus.

$$H_{PU} = \frac{50 \cdot 70 \cdot 2,2}{10000} \text{ m}$$

$$H_{PU} = 0,77 \text{ m}$$

Mit diesen beiden Werte geht man ins Pumpen-Kennlinienfeld und zeichnet eine Punkt ein.

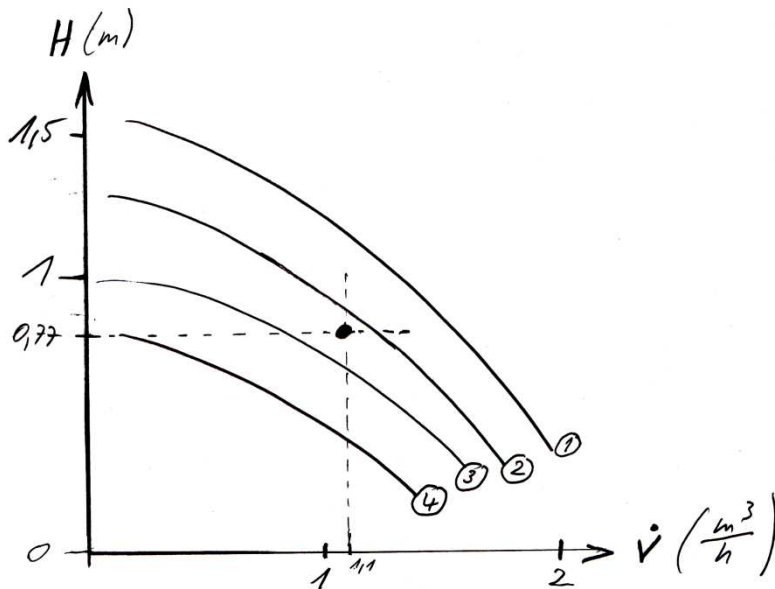


Diagramm 1: Es wird die Pumpe 3 ausgewählt, da der Volumenstrom problemlos etwas kleiner als berechnet sein darf. Aus folgendem Diagramm erkennt man den Zusammenhang:

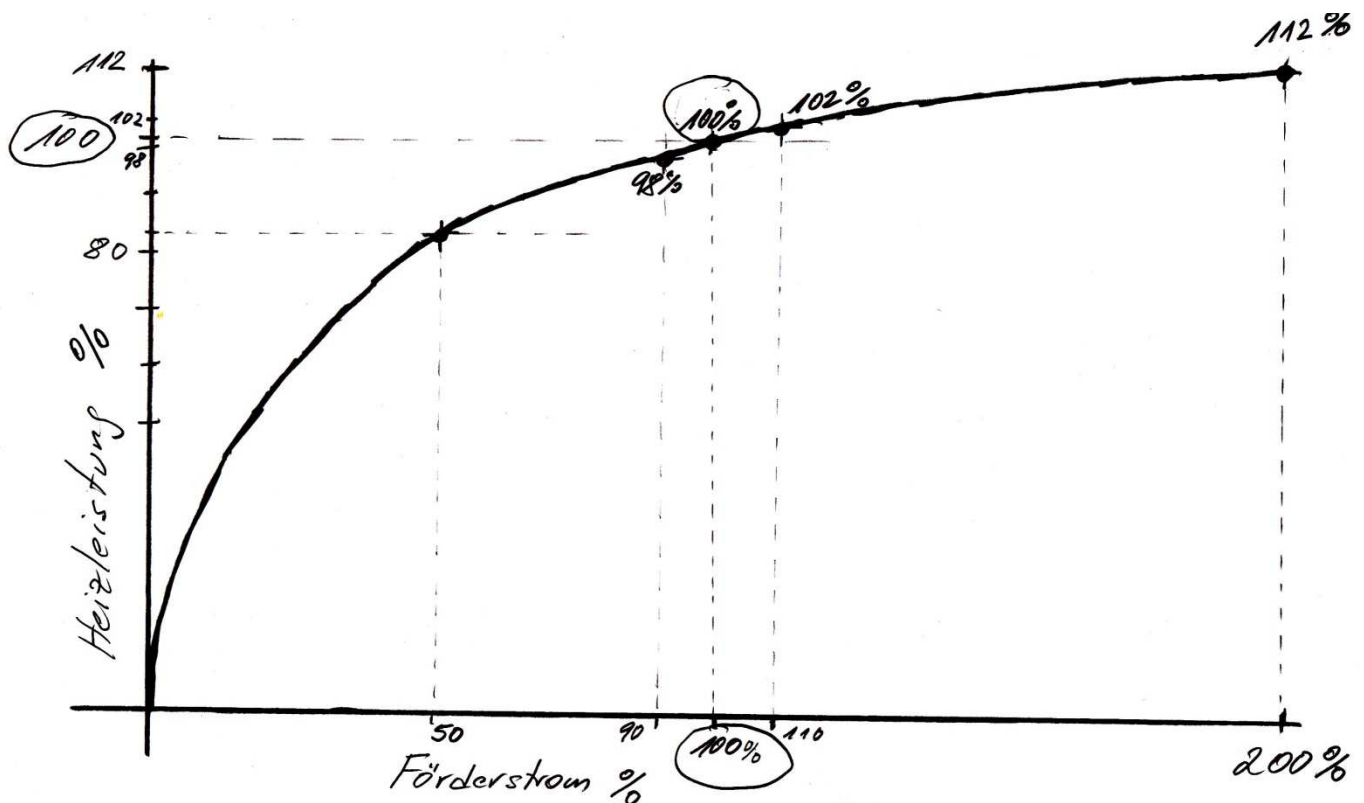


Diagramm 2: Man sieht am Diagramm, dass eine Verringerung von 10 % des Volumenstromes eine Verringerung der Heizleistung von ca. 2 % zur Folge hat. Diese 2 % wird niemand bemerken. Selbst eine Verringerung des Volumenstromes von 50 % hat eine Verringerung der Heizleistung von 27 % zur Folge. Auch diese Verringerung dürfte selten jemand bemerken, da die Heizung ja auf die Normtemperatur (Köln: -10°C) ausgelegt ist und nur bei dieser Temperatur 100 % der Heizleistung nötig sind.

Es ist auch ersichtlich, weshalb die Erhöhung des Volumenstromes äußerst wenig nützt (falls ein Raum nicht warm genug wird), man müsste den Volumenstrom verdoppeln um die Heizleistung um 12 % zu erhöhen, ebenfalls ein unmerklicher Effekt!

Wo wird der Betriebspunkt (Arbeitspunkt) sein?

Um diese Frage beantworten zu können muss eine Anlagenkennlinie erstellt werden. Dort wo sich die Pumpenkennlinie mit der Anlagenkennlinie kreuzen wird sich der Betriebspunkt (von selbst) einstellen.

Man braucht mindestens 3 Punkte der Anlagenkennlinie um diese ungefähr zeichnen zu können.

Die Punkte werden in der Form (Förderhöhe/Volumenstrom) dargestellt.

Ein Punkt ist bereits bekannt: (0,77 m/ 1,1 m³/h), dieser ist bereits in das Kennlinienfeld eingezeichnet worden.

Den ersten Punkt (Null m/ Null m³/h) hat jede Anlagenkennlinie, er bedeutet, dass wenn kein Förderdruck vorhanden ist, auch kein Volumenstrom vorhanden ist.

Die weiteren (mindestens 2) Punkte kann man mit folgender Formel berechnen:

$$H_2 = H_1 \cdot \left(\frac{\dot{V}_2}{\dot{V}_1} \right)^2$$

Für \dot{V}_2 gibt man eine Wert ein (frei wählbar, reine "Geschmackssache"), die Formel liefert dann für diesen Volumenstrom die dazu gehörige die Förderhöhe.

Hier wird für den Volumenstrom von 0,5 m³/h die dazu gehörigen Förderhöhe errechnet:

$$H_2 = 0,77 \text{ m} \cdot \left(\frac{0,5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{1,1 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}} \right)^2$$

$$H_2 = 0,77 \text{ m} \cdot (0,4545)^2$$

$$H_2 = 0,77 \text{ m} \cdot 0,2066$$

$$H_2 = 0,159 \text{ m}$$

$$H_2 \approx 0,16 \text{ m}$$

Für \dot{V}_2 gibt man den Wert ein für den man die Förderhöhe ausrechnen möchte.

Hier wird für den Volumenstrom von 1,5 m³/h die dazu gehörigen Förderhöhe errechnet:

$$H_3 = H_1 \cdot \left(\frac{\dot{V}_3}{\dot{V}_1} \right)^2$$

$$H_3 = 0,77 \text{ m} \cdot \left(\frac{1,5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{1,1 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}} \right)^2$$

$$H_3 = 0,77 \text{ m} \cdot (1,36)^2$$

$$H_3 = 0,77 \text{ m} \cdot 1,859$$

$$H_3 = 1,43 \text{ m}$$

$$H_3 = H_1 \cdot \left(\frac{\dot{V}_3}{\dot{V}_1} \right)^2$$

Mit dieser Formel kann man beliebig viele Punkte der Anlagenkennlinie errechnen. Man setzt immer wieder in die Klammer oben in den Zähler (hier \dot{V}_3) einen neuen Wert ein, die Formel liefert dann für den eingesetzten Volumenstrom die Förderhöhe. Der Rest der Formel bleibt immer gleich.

$$\text{ZB. } H_4 = H_1 \cdot \left(\frac{\dot{V}_4}{\dot{V}_1} \right)^2$$

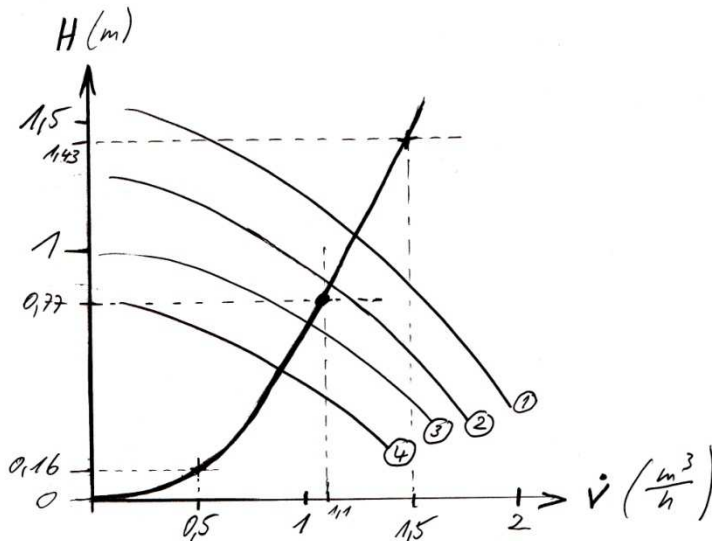


Diagramm 3: Hier sind die errechneten Punkte eingezeichnet und mit einander verbunden.

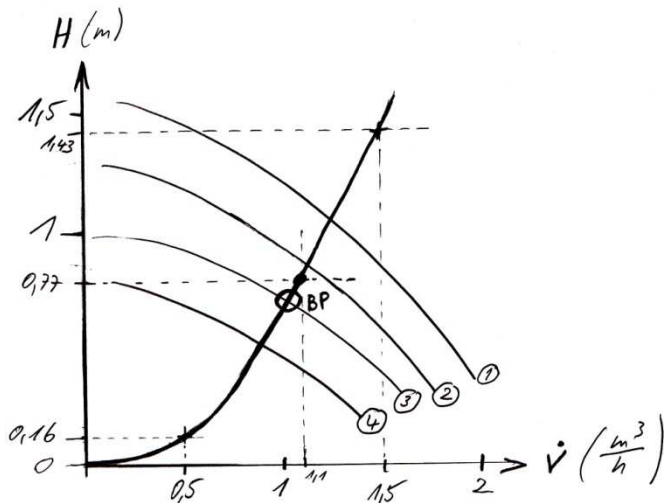


Diagramm 4: Hier ist der Betriebspunkt (Arbeitspunkt) eingezeichnet worden. Gewählt wurde die Pumpe mit der Kennlinie 3. Die Pumpe kann nur die Betriebszustände einnehmen die sich auf der Pumpen-Kennlinie befinden. Die Anlage (das Rohrsystem) kann nur die Betriebszustände einnehmen die sich auf der Anlagen-Kennlinie befinden. Wenn die Pumpe mit der Anlage zusammen arbeitet, "einigen" sie sich automatisch auf den Punkt, den sie beide gemeinsam haben. Das ist der Punkt "BP". Die gewählte Pumpe leistet in dieser Anlage etwas weniger als in der Berechnung vorgesehen ist. Die Förderhöhe der Pumpe ist ca. 0,65 m und der bei dieser Förderhöhe bewegte Volumenstrom beträgt ca. $1,05 \text{ m}^3/\text{h}$.

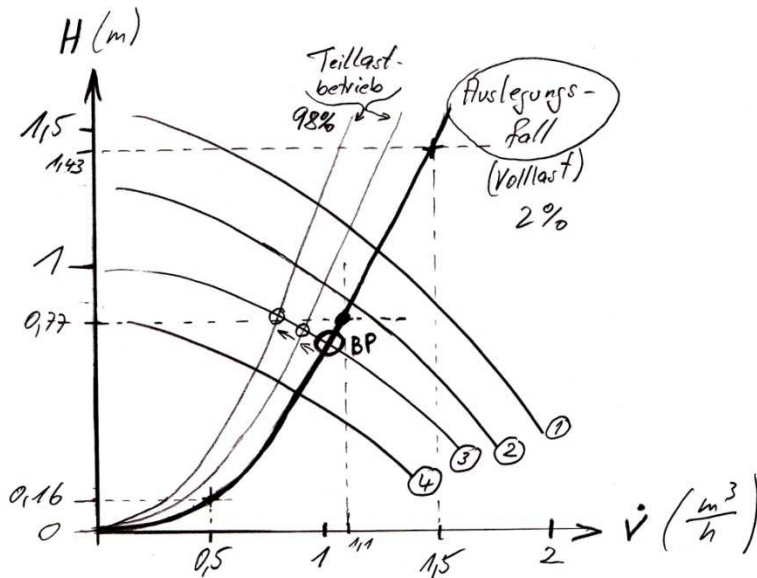


Diagramm 5: Hier ist der Betriebspunkt (der sich von selbst einstellt) eingetragen.

Befindet sich die Anlage im Teillastbetrieb (das ist an 98 % aller Tage der Fall), verschiebt sich der Arbeitspunkt ein kleines Stück nach links. Er wandert die Pumpenkennlinie ein Stück entlang (bergauf) und erreicht ungefähr die (eigentlich) berechnete Förderhöhe von 0,77 m. Nur an 2 % aller Tage im Jahr wird die volle Leistung der Heizungsanlage (und damit auch der Pumpe) gefordert.

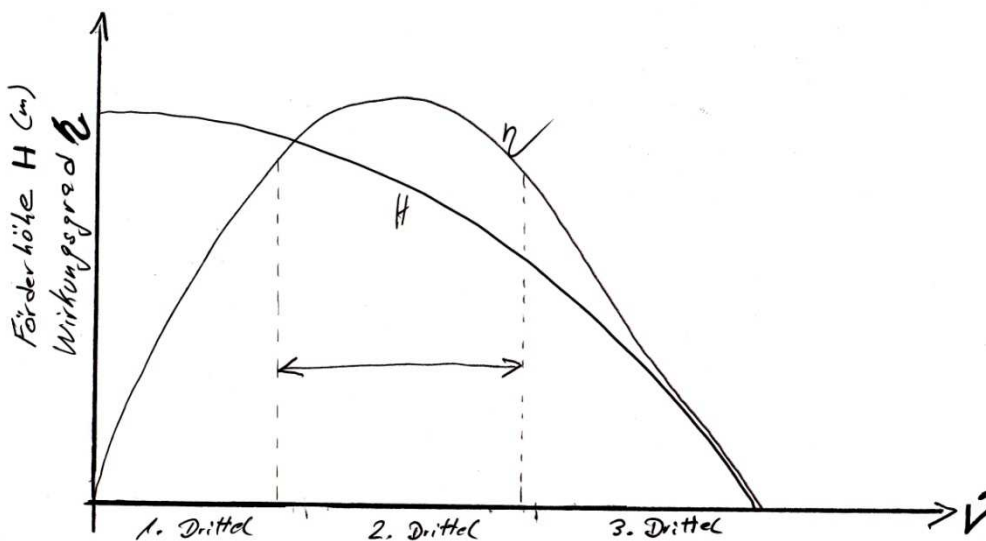


Diagramm 6: Hier ist der Wirkungsgrad (η) über der Förderhöhe (H) eingetragen. Wichtig ist hier nur der Wirkungsgrad η . Der Wirkungsgrad ist im mittleren Drittel am besten. Das bedeutet, dass die Pumpe (wenn sie im mittleren Drittel arbeitet) für das fördern der gebrauchten Wassermenge am wenigsten Strom verbraucht wird. Die Pumpe arbeitet dann im mittleren Drittel, wenn der Betriebspunkt im mittleren Drittel ist. Darauf ist bei der Auslegung zu achten, dass der Betriebspunkt sich im mittleren Drittel befindet. Wenn sich der Betriebspunkt am rechten Rand des mittleren Drittels befindet ist das auch noch gut, da der Betriebspunkt im Teillastbetrieb etwas nach links wandert (siehe Diagramm 5).