

GESTRA Information A 2.3

Einsparung von Energie durch richtige Auswahl des Rückflussverhinderers

Bei der Auslegung von Pumpendruckleitungen spielt die richtige Abstimmung von Pumpe und Rohrleitungssystem im Hinblick auf die zu erwartenden Energiekosten eine große Rolle. Dabei ist der Planer auch auf exakte Daten des Herstellers des Rückflussverhinderers angewiesen.

Im Folgenden soll, ausgehend von einer irreführenden Vergleichsrechnung, wie sie insbesondere in Werbeschriften immer wieder vorgeführt wird, auf eine Berechnung der Energiekosten anhand der Pumpen- und Rohrleitungskennlinien eingegangen werden.

1. Die Anlage

Förderung von Wasser aus einem Behälter unterhalb des Pumpenniveaus in einen Hochbehälter.

Statische Förderhöhe	H = 16 m
Nennweite	DN = 200 mm
Widerstandsbeiwert der Leitung	$\zeta = 6$
Volumenstrom	$\dot{V}_v = 350 \text{ m}^3/\text{h}$
Pumpenwirkungsgrad	$\eta_p = 0,83$ (Nennbetriebspunkt)
Motorwirkungsgrad	$\eta_M = 0,9$ (Nennbetriebspunkt)
Strompreis	$K_h = 0,20 \text{ €/kWh}$
Laufzeit	$t_v = 2000 \text{ h/a}$

Die Leitung ist mit einem Zwischenflansch-Rückschlagventil bestückt. Dieses hat aufgrund der kurzen Baulänge einen verhältnismäßig hohen Widerstandsbeiwert von $\zeta_v = 9,9$. Dadurch entsteht am Ventil ein Druckverlust von

$$\Delta p_v = \zeta_v \cdot \frac{\rho}{2} \cdot W_v^2$$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$W_v = 3,09 \text{ m/s}$$

(Geschwindigkeit in der Leitung)

daraus

$$\Delta p_v = 47263 \text{ Pa} \approx 0,47 \text{ bar}$$

2. Berechnung der Stromkosten, die das Ventil verursacht

Die im Ventil (Index „V“) in Wärme umgesetzte Leistung beträgt

$$N_v = \Delta p_v \cdot \dot{V}$$

$$\Delta p_v = 47263 \text{ Pa}$$

$$\dot{V} = \frac{350}{3600} = 0,097 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$N_v = 4585 \text{ W}$$

Der Gesamtwirkungsgrad von Pumpe und Motor beträgt

$$\eta_G = \eta_p \cdot \eta_M$$

$$\eta_p = 0,83 \text{ (genaugenommen nur gültig für den Nennbetriebsdruck)}$$

$$\eta_M = 0,9$$

$$\eta_G = 0,75$$

Die jährlichen Stromkosten betragen

$$E_v = t \cdot \frac{1}{\eta_G} \cdot K \cdot N_v$$

$$t_v = 2000 \text{ h/a}$$

$$\eta_G = 0,75$$

$$K = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ €/Wh}$$

$$N_v = 4585 \text{ W}$$

$$E_v = 2445 \text{ €/a}$$

3. Ersatz des Rückschlagventils durch einen Rückflussverhinderer mit kleinerem Widerstandsbeiwert (Index „K“)

Bei Berechnungen der Kostenersparnis, wie sie vor allem im Wettbewerb verschiedener Armaturenhersteller immer wieder vorkommt, wird folgende Vergleichsrechnung aufgestellt:

Die Berechnung entsprechend 2 ergibt für den neuen Rückflussverhinderer, zum Beispiel eine Doppelklappe mit $\zeta_K = 1,8$, einen Druckverlust

$$\Delta p_K = 8593 \text{ Pa (0,086 bar)}$$

und damit jährliche Stromkosten von

$$E_K = 444,5 \text{ €/a}$$

so dass die Einsparung durch den neuen Rückflussverhinderer beträgt $\Delta E = 2000,5 \text{ €/a}$

Hierbei wird angenommen, dass der Pumpenwirkungsgrad praktisch gleichbleibt. Im Folgenden wird gezeigt, dass sich auf diese Weise ein erheblicher Fehler in die dargestellte Rechnung einschleichen kann.

4. Berechnung anhand der Pumpenkennlinie

Ein korrektes Ergebnis kann nur entstehen, wenn das Zusammenwirken von Pumpe und Leitungssystem anhand der Kennlinien berücksichtigt wird. Dabei ist auch zu bedenken, dass die jährliche Laufzeit der Pumpe sich verringert, wenn das gleiche jährliche Wasservolumen befördert werden soll.

Im Diagramm sind die Rohrleitungskennlinien für den Ventil-Fall und für den Klappen-Fall aufgetragen. Beim Volumenstrom $\dot{V} = 0$ beträgt die statische Förderhöhe $\approx 1,6 \text{ bar}$.

Die Schnittpunkte mit der Pumpenkennlinie sind die Betriebspunkte.

Weiterhin muss der veränderliche Pumpenwirkungsgrad berücksichtigt werden, weil der Nennbetriebspunkt in der Praxis fast nie erreicht wird.

Mit den Daten, die sich aus dem Diagramm ergeben, können die unter 2 und 3 ermittelten Ergebnisse neu gerechnet werden. Zusammenfassende Gleichung für die Gesamtstromkosten der Pumpe:

$$E = \frac{1}{\eta_p \cdot \eta_M} \cdot K \cdot \Delta p \cdot \dot{V} \cdot t$$

Ventil hinter der Pumpe

Mit dem Rückschlagventil ergeben sich aus folgenden Daten die nachstehenden Betriebskosten:

$$\eta_M = 0,9$$

$$\eta_p = 0,78$$

$$\Delta p = 267000 \text{ Pa (2,67 bar)}$$

$$\dot{V} = 0,097 \text{ m}^3/\text{s} (\approx 350 \text{ m}^3/\text{h})$$

$$t_v = 2000 \text{ h/a}$$

$$K = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ €/Wh}$$

$$E_v = 14757,26 \text{ €/a}$$

Von diesen Kosten werden nur zirka 60 % verwendet, um das Wasser auf das Niveau von 16 m zu fördern, der Rest von 40 % wird in der Leitung in Wärme umgesetzt.

Auswechseln des Ventils gegen eine Doppelklappe

$$\eta_M = 0,9$$

$$\eta_P = 0,7$$

$$\Delta p = 220000 \text{ Pa (2,20 bar)}$$

$$\dot{V} = 0,104 \text{ m}^3/\text{s} (\cong 375 \text{ m}^3/\text{h})$$

$$t_{\text{Klappe}} = 2000 \cdot \frac{350}{375} = 1867 \text{ h/a}$$

Neuer Betriebspunkt

(Verkürzte Förderzeit für gleiche Jahresmenge)

$$K_{(\text{Kosten})} = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ €/Wh}$$

$$E = 13560,94 \text{ €/a}$$

Die gesparten Stromkosten durch das Auswechseln des Ventils gegen den Rückflussverhinderer betragen also nur

$$\Delta E = 1196,32 \text{ €/a}$$

statt 2000,5 €/a, wie unter 3 errechnet.

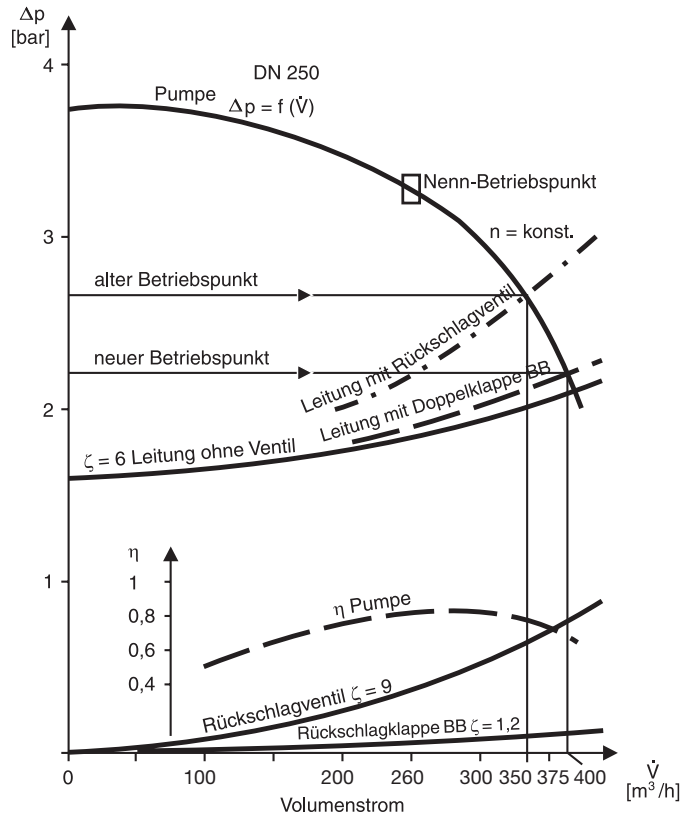
Dieser große Unterschied ist dadurch zu erklären, dass mit dem Einbau der Klappe zwar die Energieverluste im Rückflussverhinderer – wie unter 3 berechnet – sinken. Die gesamte Förderung des Wassers findet jetzt aber mit einem schlechteren Wirkungsgrad statt, weil sich der Betriebspunkt noch weiter vom Nennbetriebspunkt der Pumpe ($\dot{V}_n = 260 \text{ m}^3/\text{h}$) weg zu höheren Leistungen verschoben hat.

5. Zusammenfassung

Das vorgeführte Beispiel sollte zeigen, dass Vergleichsrechnungen, die nur die Druckverluste im Rückflussverhinderer berücksichtigen, unzulässig sind. Ein korrektes Ergebnis kann nur erreicht werden, wenn das Zusammenwirken von Pumpe und Leitungssystem Beachtung findet.

Hier ergibt sich eine reduzierte Einsparung dadurch, dass der Volumenstrom zu groß wird und der Wirkungsgrad der Pumpe sinkt.

Es ist aber denkbar, dass durch den Einbau eines Rückflussverhinderers mit geringerem Widerstandsbeiwert ein zusätzlicher Vorteil durch die Wirkungsgraderhöhung erreicht wird, dann nämlich, wenn der Betriebspunkt links vom Nennbetriebspunkt liegt.



Zusammenarbeit von Rückflussverhinderer – Pumpe – Rohrleitung

GESTRA AG

Postfach 10 54 60, D-28054 Bremen

Münchener Str. 77, D-28215 Bremen

Telefon +49 (0) 421 35 03 -0, Telefax +49 (0) 421 35 03-393

E-Mail gestra.ag@flowserve.com, Internet www.gestra.de



GESTRA