

6. Kennlinien von Kreiselpumpen

Im praktischen Betrieb erfolgt der Antrieb der Kreiselpumpen meist durch nichtdrehzahlregelbare Antriebsmaschinen, z. B. Asynchronmotoren. Wenn man bei konstant gehaltener Antriebsdrehzahl in der Rohrleitung verschieden stark drosselt, ergeben sich nach einer festen Abhängigkeit verschiedene Förderhöhen H und Fördermengen Q . Die diesbezüglichen Kurven werden als Kennlinien, Q -, H -Kurven oder Drosselkurven bezeichnet. Sie werden für jeden Kreiselpumpentyp exakt im Versuch ermittelt.

Die Förderhöhe im Arbeitspunkt einer Pumpe ergibt sich aus dem Schnittpunkt der Kennlinie der Pumpe mit der Kennlinie der Rohrleitung, die sich aus dem statischen (geodätischen) Höhenunterschied H_{stat} des saug- und druckseitigen Wasserspiegels und den reinen Strömungsverlusten H_v zusammensetzt (Bilder 18 und 19).

Die Kennlinien sind immer im Zusammenhang mit dem Wirkungsgradverlauf und dem Leistungsbedarf zu sehen.

Eine Kreiselpumpe soll so ausgewählt werden, daß sie möglichst um oder in der Nähe des Wirkungsgradmaximums arbeitet. Wird z. B. die notwendige Förderhöhe einer Anlage zu hoch vorausgerechnet, dann arbeitet die Pumpe bei einem zu großen Förderstrom mit höherem Leistungsbedarf. Der Wirkungsgrad ist außerdem schlecht. Eine Korrektur der Förderhöhe durch druckseitige

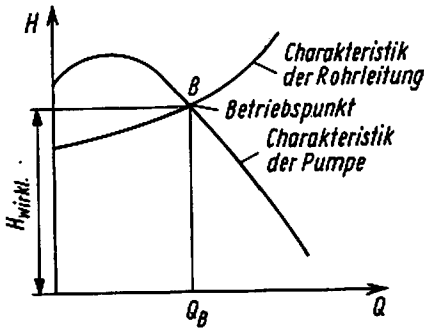


Bild 18
Betriebspunkt einer Kreiselpumpe

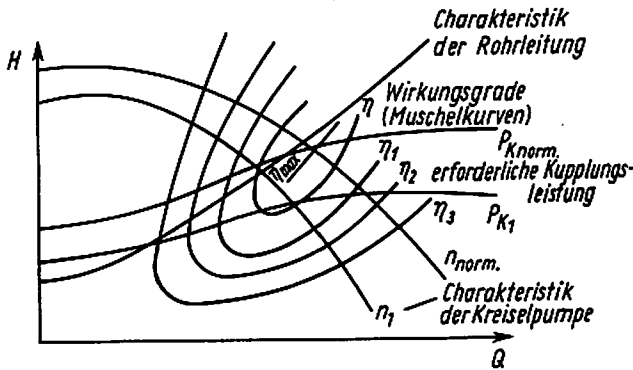


Bild 19
Kennlinienfeld
einer Kreiselpumpe

Drosselung ist zwar möglich, würde aber einen dauernden Leistungsverlust (ΔH_v) bedeuten (erhöhter Strömungsverlust). Diese Möglichkeit wird meist in Anspruch genommen und lässt sich bei einer steilen Kennlinie verhältnismäßig gut verwirklichen. Eine solche Maßnahme ist ökonomisch aber nicht vertretbar.

6.1. Kennlinie des Rohrleitungsnetzes

Der Strömungswiderstand einer Kreiselpumpenanlage kann theoretisch berechnet werden. Die mathematischen Beziehungen wurden bereits im Kapitel 1. "Kolbenpumpen" näher erläutert.

$$H = H_{\text{stat}} + H_v$$

$$H_{\text{stat}} = H_{\text{geo}} + H_p$$

H_{geod} - senkrechter Abstand zwischen Saug- und Druckflüssigkeitsspiegel

$$H_p = \frac{p'' - p'}{\gamma} \quad \text{- Druckdifferenz der Drücke auf dem Saugflüssigkeits- und auf dem Druckflüssigkeitsspiegel}$$

$$H_v = H_c + H_w \quad \text{- Strömungswiderstand im Rohrleitungsnetz}$$

$$H_c = 0,00123 \frac{1}{d} \frac{c^2}{g} \gamma = 0,02 \frac{1}{d^5} \frac{Q^2}{g} \gamma$$

$$H_w = \sum_i \xi_i \frac{c^2}{2g} \quad \text{- Strömungswiderstand durch Einbauten (Rohrbogen, Abzweigungen, T-Stücke, zusammengesetzte Leitungsstücke, Schieber, Ventile usw.)}$$

$$H = H_{\text{geod}} + H_p + H_c + H_w$$

$$H = h_2 - h_1 + \frac{p'' - p'}{\gamma} + 0,00123 \frac{1}{d} \frac{c^2}{g} \gamma + \sum_i \xi_i \frac{c^2}{2g}$$

H gesamte Förderhöhe in m FlS

h_2 Höhe des Druckflüssigkeitsspiegels in m FlS

h_1 Höhe des Saugflüssigkeitsspiegels in m FlS

p'' Druck auf den Flüssigkeitsspiegel im Druckbehälter in kp m^{-2}

p' Druck auf den Flüssigkeitsspiegel im Saugbehälter in kp m^{-2}

γ Wichte der Förderflüssigkeit in kp m^{-3}

δ Länge der geraden Rohrleitung in m

c Strömungsgeschwindigkeit in der Rohrleitung in m s^{-1}

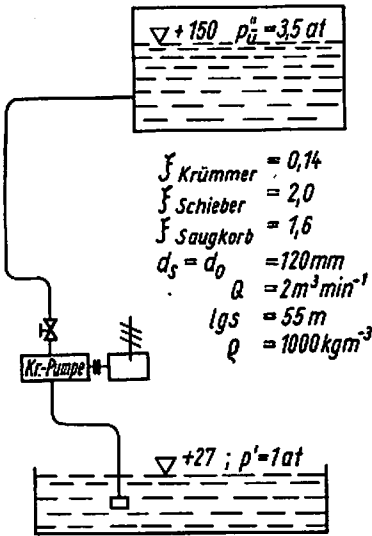
d Durchmesser der Rohrleitung in m

g Erdbeschleunigung in m s^{-2}

ρ Dichte der Förderflüssigkeit in kg dm^{-3}

ξ Strömungswiderstände der Einbauten

Bild 20
 Kreiselpumpenanlage



6.2. Berechnungsbeispiel

Wie groß ist die Förderhöhe einer Kreiselpumpenanlage, die Wasser mit einer Dichte von $\rho = 1000 \text{ kg m}^{-3}$ aus einem Saugbehälter in einem Druckbehälter fördert. Im Druckbehälter herrscht ein konstanter Gegendruck von $p''_u = 3,5 \text{ at}$. Im Bild 20 sind alle erforderlichen Angaben enthalten.

Lösung:

$$\begin{aligned}
 H &= H_{\text{geod}} + H_p + H_c + H_w \\
 &= h_2 - h_1 + \frac{p'' - p'}{\gamma} + 0,00123 \frac{1}{d} \frac{c^2}{g} \rho + \sum_1 \xi_1 \frac{c^2}{2g} \\
 &= 123 \text{ m} + 35 \text{ m} + 0,0575 \text{ c}^2 + 0,219 \text{ c}^2 \\
 &= 158 \text{ m} + 0,277 \text{ c}^2 \\
 &= \underline{\underline{\hspace{10em}}}
 \end{aligned}$$

In der Aufgabenstellung wird gefordert, daß die Kreiselpumpe eine Fördermenge von $Q = 2 \text{ m}^3 \text{ min}^{-2}$ erreichen muß. In Abhängigkeit von dem Rohrleitungsdurchmesser wird mit Hilfe der Kontinuitätsgleichung die notwendige Strömungsgeschwindigkeit in dem Rohrleitungsnetz berechnet.

$$c = \frac{Q}{A}$$

c Strömungsgeschwindigkeit in m s^{-1}

Q Fördermenge in $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$

A Querschnittsfläche der Rohrleitung in m^2

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 \approx \frac{\pi}{4} \cdot 0,12^2 = 0,0113 \text{ m}^2$$

$$A = 0,0113 \text{ m}^2$$

$$c = \frac{2 \text{ m}^3 \cdot \text{min}}{\text{min} \cdot 60 \text{ s} \cdot 0,0113 \text{ m}^2} = 2,95 \text{ m s}^{-1}$$

$$c = 2,95 \text{ m s}^{-1}$$

$$H = 158 + 0,277 c^2 = 158 + 0,277 \cdot 2,95^2 = 158 + 2,4$$

$$H = 160,4 \text{ m} \quad 160 \text{ m WS} = 16 \text{ at}$$

$$H = 16 \text{ at}$$

=====

Es muß eine Kreiselpumpe mit mindestens einer Förderhöhe von $\approx 16 \text{ at}$ bei einer Fördermenge von $\approx 2 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1}$ ausgewählt werden.

7. Regelung von Kreiselpumpen

Nachfolgend sollen zwei Möglichkeiten der Regelung untersucht werden.