

**1. Beispiel einer Anlage mit offenem Saugbehälter**

Zur Kühlung von Maschinen wird Wasser mit einer maximalen Temperatur von  $t = 25^\circ\text{C}$  aus einem Becken entnommen, in welchem der Wasserstand bis zu 5 m unter Mitte Pumpe absinken kann. Der erforderliche Förderstrom ist  $Q = 80 \text{ m}^3/\text{h}$ . Die Saugleitung besteht aus 1 Fußventil mit Saugkorb, 12 m Rohrleitungslänge und 1 Rohrbogen; alles in DN 125, womit die für Saugleitungen maximal vertretbare Strömungsgeschwindigkeit von 2 m/s nicht überschritten wird.

Es ist die NPSHA zu berechnen

- a) für eine Aufstellungshöhe 30 m über NN,
- b) für 800 m über NN.

Wir verwenden dazu die Gleichung (14) aus Blatt 4 „Das Saugverhalten der Kreiselpumpe

$$NPSHA = \frac{10,2 \cdot (p_I + p_b - p_D)}{r} - H_{VS} - H_{S_{geo}}$$

**$p_I$  Eintrittsdruck der Anlage**

Der Wasserspiegel im Becken steht unter atmosphärischem Druck, es ist also weder ein Über- noch ein Unterdruck vorhanden.  $p_I = 0$ .

**$p_b$  Luftdruck am Aufstellungsort**

a) Bei Aufstellungshöhe bis 100 m über NN kann mit einem atmosphärischem Druck von 1000 mbar gerechnet werden.  $p_b = 1,0 \text{ bar}$ .

b) Aus der Tabelle auf der Rückseite von Blatt 4 entnehmen wir für eine Höhenlage von 1000 m:  $p_b = 0,9 \text{ bar}$ .

**$p_D$  Dampfdruck**

Aus dem Arbeitsblatt „Zustandsgrößen von Wasser“ entnehmen wir für Wasser mit einer Temperatur  $t = 25^\circ\text{C}$ :  $p_D = 0,032 \text{ bar}$ .

**$r$  Dichte**

Ebenfalls aus diesem Arbeitsblatt  $\rho = 0,997 \text{ kg/dm}^3$ , was unbedenklich auf  $\rho = 1,0$  gerundet werden darf.

**$H_{VS}$  Verlusthöhe in der Saugleitung**

(Siehe Arbeitsblatt „Rohrreibungsverluste“)

Rohrleitungslänge	12,0 m
Gleichwertige Rohrlänge für ein Fußventil mit Saugkorb bei DN 125	26,0 m
<u>Rohrbogen</u>	<u>2,7 m</u>
Summe	40,7 m

Verluste auf 100 m Rohrlänge DN 125 : 2,9 m Verluste auf 40,7 m:

$$H_{VS} = \frac{2,9 \cdot 40,7}{100} = 1,18 \quad \text{m}$$

**$H_{S_{geo}}$  Geodätische Saughöhe**

Vorgegeben mit  $H_{S_{geo}} = 5 \text{ m}$ :

$$\text{a) } NPSHA = \frac{10,2 \cdot (1,0 - 0,032)}{1,0} - 1,18 - 5 = 3,7 \quad \text{m}$$

Unter Berücksichtigung eines Sicherheitszuschlages von 0,5 m ist ein Pumpenmodell mit einer NPSH = 3,2 m oder weniger zu wählen. Diese Forderung läßt sich mit serienmäßigen 80 m<sup>3</sup>/h-Pumpen und der Normaldrehzahl  $n = 2900 \text{ 1/min}$  noch ohne Schwierigkeiten erfüllen:

$$\text{b) } NPSHA = \frac{10,2 \cdot (0,9 - 0,032)}{1,0} - 1,18 - 5 = 2,7 \quad \text{m}$$

In diesem Falle muß wegen des geringeren Luftdruckes eine Pumpen mit NPSH = 2,2 m bei  $Q = 80 \text{ m}^3/\text{h}$  vorgesehen werden. Dieses führt zwangsläufig zu einer größeren Pumpe, die im vorderen Bereich der Kennlinie arbeitet oder zu einer kostenmäßig sehr viel aufwendigeren Maschine mit der Drehzahl  $n = 1450 \text{ 1/min}$ .

**2. Beispiel einer Anlage mit geschlossenem Saugbehälter**

Aus einem Kondensator sind stündlich 10 m<sup>3</sup> Wasser abzuführen. Die Temperatur beträgt 50°C, der Unterdruck im Behälter 0,8 bar und der niedrigste Wasserspiegel stellt sich auf eine Höhe von 1,5 m über Pumpenmitte ein. Die Verlusthöhe in der Zulaufleitung sei  $H_{VS} = 0,2 \text{ m}$ . Am Aufstellungsort herrscht ein mittlerer Luftdruck von 1000 mbar.

Berechnung: Wasser mit  $t = 50^\circ\text{C}$  hat einen Dampfdruck  $p_D = 0,1234 \text{ bar}$ . Um festzustellen, ob es sich im Siedezustand befindet, müssen wir zunächst den **absoluten** Druck im Behälter errechnen:

$$p_{abs} = p_I + p_b = -0,8 + 1,0 = 0,2 \quad \text{bar}$$

## Berechnungsbeispiele zu Blatt 5 „Kavitation“

Siedezustand ist also nicht vorhanden und die Gleichung (17) liefert keine korrekten Ergebnisse. Wir verwenden deshalb die Gleichung (15).

$$NPSHA = \frac{10,2 \cdot (p_l + p_b - p_D)}{r} - H_{VS} + H_{Z_{geo}}$$

### $p_l$ Druck im Behälter

Es handelt sich um Unterdruck,  $p_l$  muß deshalb mit negativem Vorzeichen eingesetzt werden. Einfacher ist es jedoch statt  $p_l + p_b$  gleich den zuvor errechneten absoluten Druck einzusetzen:

$$p_l + p_b = 0,2 \text{ bar.}$$

Die übrigen Größen bedürfen keiner weiteren Erläuterung

$$\begin{aligned} p_D &= 0,1234 \text{ bar} \\ \rho &= 0,988 \text{ kg/dm}^3 \\ H_{VS} &= 0,2 \text{ m} \\ H_{Z_{geo}} &= 1,5 \text{ m} \end{aligned}$$

$$NPSHA = \frac{10,2 \cdot (0,2 - 0,1234)}{0,988} - 0,2 + 1,5 = 2,09 \text{ m}$$

und mit 0,5 m Sicherheitsabstand  $NPSHA = 1,6 \text{ m}$ .

Für einen Förderstrom von  $10 \text{ m}^3/\text{h}$  bereitet es keine Schwierigkeiten eine Pumpe mit  $n = 2900 \text{ 1/min.}$  und einer  $NPSH = 1,6 \text{ m}$  auszuwählen. Würde man bei dieser Anlage jedoch den Druck bis auf den Siedezustand absenken, ergibt sich mit Hilfe der Gleichung (17), in welche der Sicherheitswert von  $0,5 \text{ m}$  sogleich einbezogen werden kann, zu:

$$NPSHA = H_{Z_{geo}} - H_{VS} - 0,5 = 1,5 - 0,2 - 0,5 = 0,8 \text{ m}$$

Nunmehr wird man, abhängig von der erforderlichen Förderhöhe, in vielen Fällen auf eine kostengünstige Maschine verzichten müssen und auf eine mit  $n = 1450 \text{ 1/min}$  angewiesen sein.