

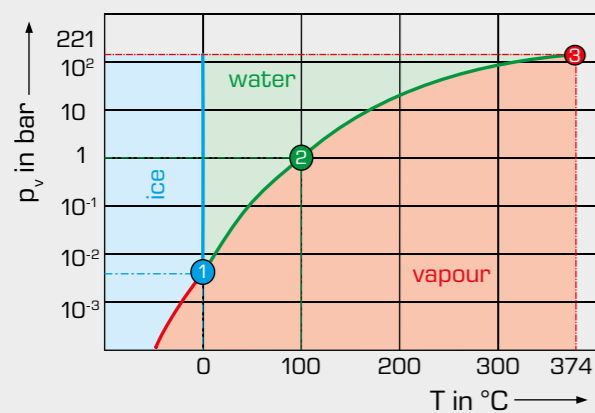
Basiswissen

Kavitation

Wann entsteht Kavitation?

In der Strömung von Flüssigkeiten können durch Strömungsvorgänge örtlich Drücke auftreten, die kleiner als der entsprechende Dampfdruck der Flüssigkeit sind. Hierbei verdampft die Flüssigkeit und es entstehen Dampfblasen. Durch den Volumenzuwachs bei der Verdampfung werden die Strömungsformen gegenüber der ungestörten Strömung verändert. Bei Pumpen

können die Dampfblasen soweit anwachsen, dass der verbleibende Strömungsquerschnitt stark vermindert und die Leistung der Pumpe beeinträchtigt wird. Der Prozess ist oft instabil, da die Strömungsgeschwindigkeit durch die Verkleinerung des Strömungsquerschnittes ansteigt und damit durch weiteren Druckabfall die Kavitation gefördert wird.



Temperatur-Druck-Diagramm von Wasser:

1 Tripelpunkt, 2 Siedepunkt, 3 kritischer Punkt;

■ Sublimationskurve, ■ Siedepunktkurve, ■ Schmelzpunktkurve

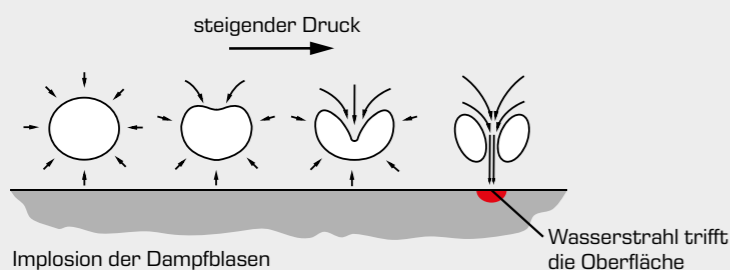


Dampfblasenbildung durch Kavitation an einem Pumpenlaufrad (HM 380)

Maschinenschäden durch Kavitation

Besonders große Schäden entstehen durch die, in Verbindung mit Kavitation auftretende, Erosion des Materials. Bei Wiederanstieg des Drucks implodieren die Dampfblasen. Bei der Implosion bildet sich ein sehr schneller Flüssigkeitsstrahl in der Dampfblase aus, der beim Aufprall auf ein festes Material Drücke von mehreren 1000 bar erzeugen kann. Dadurch wird das Material von Propellern, Ventiltellern oder Laufrädern regelrecht zerfressen. Bei kavitationsgefährdeten Maschinen müssen daher besonders harte und feste Werkstoffe verwendet werden.

Kavitation hat oft auch einen Korrosionsangriff zur Folge. Schutzschichten werden abgetragen und die aufgeraute, poröse Oberfläche bietet optimale Voraussetzungen für Korrosion.



Implosion der Dampfblasen

Wasserstrahl trifft die Oberfläche



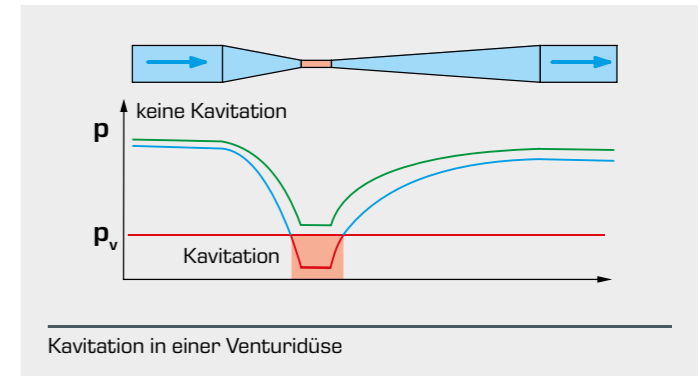
Durch Kavitationserosion zerstörtes Pumpenlaufrad



Durch Kavitationserosion zerstörter Schiffpropeller

Kavitation künstlich erzeugen

Das Auftreten von Kavitation kann in einer Venturidüse, z.B. ST 250 von GUNT, sehr anschaulich gezeigt werden. Im konvergenten Teil wird die Strömung beschleunigt und dabei der Druck herabgesetzt. Bei Unterschreitung des Dampfdrucks p_v entstehen im engsten Querschnitt Dampfblasen. Je nach Intensität verschwinden diese im divergenten Teil wieder oder bleiben über eine längere Strecke erhalten.



Kavitation in einer Venturidüse

Kriterien für das Auftreten von Kavitation

Kriterien für das Auftreten von Kavitation sind hauptsächlich die Kavitationszahl und die erforderliche Nettosaughöhe.

Die dimensionslose **Kavitationszahl** σ ist ein Maß dafür, wann in einem Fluid Kavitation auftritt.

$$\sigma = \frac{p - p_v}{\frac{\rho}{2} \cdot v^2}$$

ρ Dichte, p Druck, p_v Dampfdruck, v Strömungsgeschwindigkeit

Ein anderes Kriterium ist der NPSH-Wert (Net Positive Suction Head). Der NPSH-Wert entspricht der (Druck-) Energie einer Flüssigkeitssäule bei den vorliegenden Betriebsbedingungen am Anschlussflansch. Der Wert ist immer positiv.

Es wird zwischen zwei NPSH-Werten unterschieden:

NPSHA (Net Positive Suction Head Available): Dies ist der vorhandene Druck der Anlage bei Betriebsbedingungen als Höhendifferenz.

NPSHR (Net Positive Suction Head Required): Dies ist der für den Betrieb der Pumpe erforderliche Druck als Höhendifferenz.

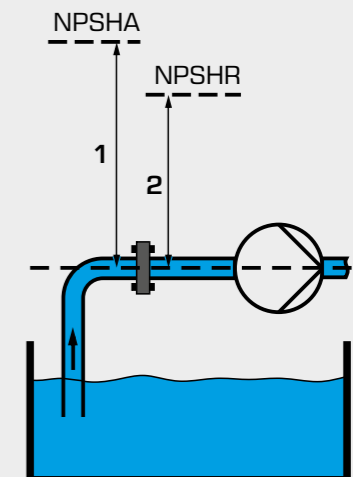
Hierbei muss der **NPSHA**-Wert der **Anlage** immer oberhalb des **erforderlichen NPSHR**-wertes der **Pumpe** liegen.

Vermeidung von Kavitation

Um Kavitation zu vermeiden, ist die **Kavitationszahl** σ so groß wie möglich zu halten. Andererseits ergibt eine kleine Kavitationszahl eine hohe Energieausnutzung und kleine Abmessungen der Strömungsmaschine.

Folgende Maßnahmen verringern die Kavitationsneigung:

- niedrige Drücke vermeiden
- Temperaturen nahe des Siedepunktes des Fluids vermeiden
- dünne Schaufelprofile verwenden
- kleine Anstellwinkel der Schaufeln wählen
- abrupte Umlenkungen der Strömung vermeiden
- Anströmkante abrunden



Unterschied zwischen NPSHA (1) und NPSHR (2):

1 von der Anlage bereitgestellte Druckenergie
2 von der Pumpe benötigte Druckenergie