

Basiswissen

Grundlagen der Hydrodynamik

Die Hydrodynamik beschäftigt sich mit der Untersuchung und Beschreibung von Fluiden in Bewegung. Die Vermittlung der Erhaltungssätze von Masse, Energie und Impuls stehen im Vordergrund.

Strömende Fluide besitzen kinetische Energie. Diese Energie kann in potentielle Energie (Druck, Höhe) umgewandelt werden und umgekehrt.

Typische Stichworte sind: Bernoulli Gleichung, Kontinuitätsgleichung und Impulserhaltung. Zum leichteren Verständnis werden meistens stationäre Zustände von inkompressiblen Fluiden betrachtet.

Weitere Themen der Hydrodynamik

- Rohrströmung (laminar / turbulent)
- Methoden der Durchflussmessung
- Gerinneströmung
- Umströmung von Körpern
- Turbomaschinen
- Strömung kompressibler Fluide

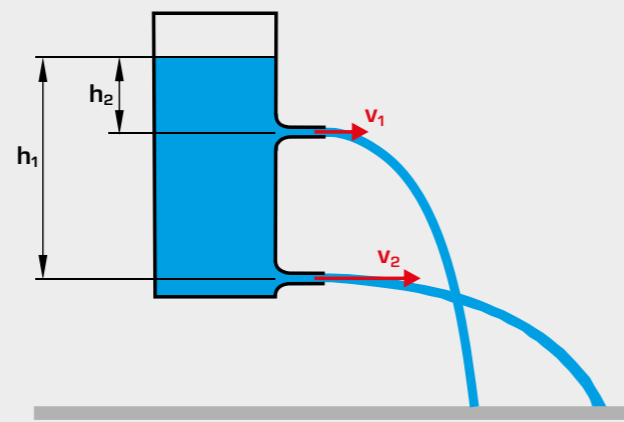
Ausfluss aus einem Behälter

Der Ausfluss aus einem Behälter kann sowohl stationär als auch instationär betrachtet werden. Im stationären Fall bleiben die Füllhöhe und somit die Strahlweite konstant (z.B. beim Abfluss unter einem Wehr). Die Austrittsgeschwindigkeit v hängt nur von der Fallhöhe h ab und wird nach der Torricelli-Formel berechnet.

$$v = \sqrt{2gh}$$

v Geschwindigkeit, g Erdbeschleunigung,
 h Abstand zwischen Ausfluss und Wasserspiegel

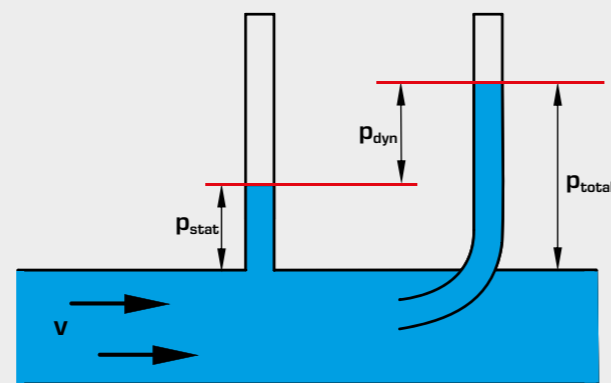
Sobald der Behälter sich während des Ausflussvorgangs leert, spricht man vom instationären Zustand.



h Fallhöhe, Abstand zwischen Ausfluss und Wasserspiegel, v Geschwindigkeit

Druck in einem strömenden Fluid

Die Energie des strömenden Fluids wird durch Druck, Geschwindigkeit und Dichte bestimmt. Der Gesamtdruck setzt sich aus einem statischen und einem dynamischen Anteil zusammen. Mit Zunahme der Strömungsgeschwindigkeit wächst der dynamische Anteil quadratisch. Ein strömendes Fluid kann potentielle, kinetische und Druckenergie enthalten. Die Gesamtenergie bleibt im Idealfall erhalten. Dabei können die Anteile variieren, also z.B. Druckenergie in kinetische Energie umgewandelt werden.

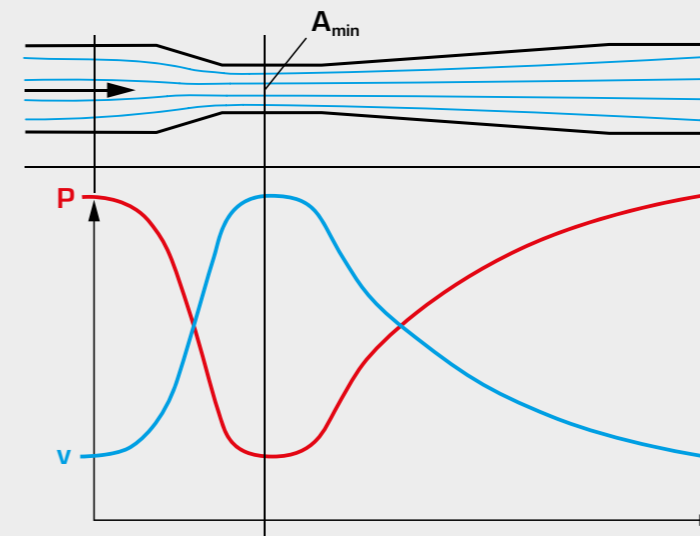


v Geschwindigkeit, p_{stat} statischer Druck, p_{dyn} dynamischer Druck,
 p_{total} Gesamtdruck

Venturi-Düse

Am engsten Querschnitt ist die Geschwindigkeit des strömenden Fluids am größten (**Kontinuitätsgleichung** $A \cdot v = \text{const}$). Bernoulli fand heraus, dass ein Teil der Druckenergie in kinetische Energie umgewandelt wird. Bei steigender Geschwindigkeit kommt es also zum Druckabfall, so dass sich im engsten Querschnitt der kleinste Druck einstellt. Die **Bernoulli-Gleichung** besagt, dass die Energie eines reibungsfrei strömenden, inkompressiblen Fluids konstant ist.

Anwendung: Wasserstrahlpumpe, Vergaser, Durchflussmessung

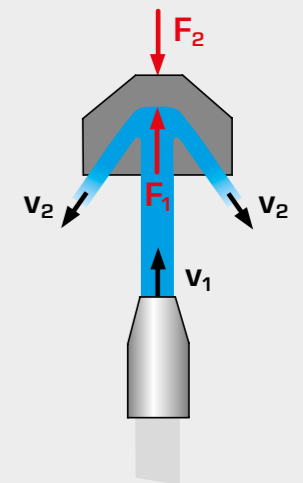


■ Geschwindigkeit, ■ Verlauf statischer Druck

Strahlkräfte

Der Impuls eines Fluids ändert sich bei einer Änderung der Strömungsgeschwindigkeit nach Betrag und/oder Richtung. Dabei entstehen Kräfte, die z.B. eine Freistrahlmaschine oder ein Wasserfahrzeug antreiben können.

Diese Kräfte lassen sich gut demonstrieren und messen, wenn der Strahl auf eine Wand prallt und dort umgelenkt wird.



F_1 Strahlkraft, F_2 Reaktionskraft,
 v_1 Strahlgeschwindigkeit,
 v_2 Geschwindigkeit nach Umlenkung



Wirbelbildung

Wirbel entstehen, wenn innerhalb eines Fluids ein Teil des Fluids schneller strömt als das restliche Fluid. Dann liegt ein Geschwindigkeitsgradient innerhalb des Fluids vor. In Wirbeln wird Energie dissipiert.

Freie Wirbel (Potentialwirbel, z.B. Strudel) entstehen z.B. beim Ausfluss aus einem Behälter. Bei freien Wirbeln bewegen sich alle Fluidteilchen auf konzentrischen Kreisbahnen, ohne um die eigene Achse zu drehen. Freie Wirbel entstehen allein durch hydrodynamische Kräfte.

Erzwungene Wirbel sind rotationsbehaftet und bilden sich durch äußere Kräfte, z.B. einen Rührer.