

# Grundlagen der Strömungsmaschinen und Windturbinen

## Übung 1

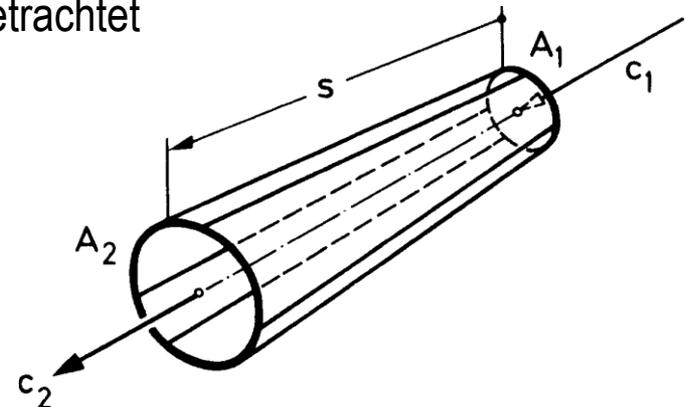
### Bernoulli-Gleichung und Impulssatz

## Charakteristische Linien in der Strömungsmechanik

- **Streichlinie:** Pfad mehrerer Partikel, die nacheinander an derselben Position eines Strömungsfeldes losgelassen werden
  - **Bahnlinie:** Pfad (Trajektorie) eines einzelnen Partikels in einem Strömungsfeld
  - **Stromlinie:** Kurven im Geschwindigkeitsfeld einer Strömung, deren Tangentenrichtung mit den Richtungen der Geschwindigkeitsvektoren übereinstimmen
    - verlaufen in jedem Punkt tangential an das Geschwindigkeitsfeld
    - vermitteln einen anschaulichen Eindruck des momentanen Strömungsfeldes
- Im Falle stationärer Strömungen unterscheiden sich Stromlinie, Streichlinie und Bahnlinie **nicht**.

## Charakteristische Linien in der Strömungsmechanik

- Zieht man durch alle Punkte einer kleinen geschlossenen Kurve Stromlinien: **Stromröhre**
  - Fluid in ihr fließt parallel zu den Stromlinien wie in einem festen Rohr
- **Stromfaden:** Stromröhre mit infinitesimalem Querschnitt  $dA$ 
  - Geschwindigkeit, Druck, Dichte und Temperatur sind dann über dem Stromfadenquerschnitt jeweils konstant
  - keine Geschwindigkeitskomponenten quer zur Stromfadenachse auf
- Bei einfacher gearteten Strömungen (Rohre und Kanäle): den ganzen von der Strömung ausgefüllten Raum als einen einzigen Stromfaden betrachtet



Definition des Stromfadens

[Zierep, Bühler 2013: Grundzüge der Strömungslehre]

## Grundgleichungen der Stromfadentheorie

- **Kontinuitätsgleichung** (Erhaltung der Masse)

$$\int_1^2 \frac{\partial \rho A}{\partial t} ds + \rho_2 c_2 A_2 - \rho_1 c_1 A_1 = 0$$

Stationäre Strömung

$$\dot{m} = \rho_1 c_1 A_1 = \rho_2 c_2 A_2 = \text{const.}$$

Stationäre und inkompressible Strömung

$$\dot{V} = c_1 A_1 = c_2 A_2 = \text{const.}$$

- **Bernoulli-Gleichung** (Kräftegleichgewicht in Richtung des Stromfadens)

- Integration der Euler-Bewegungsgleichung entlang des Stromfadens
- Reibungsfreies, inkompressibles Fluid

$$\int_{s1}^{s2} \frac{\partial c}{\partial t} ds + \frac{c_2^2 - c_1^2}{2} + g(z_2 - z_1) + \frac{p_2 - p_1}{\rho} = 0$$

Stationäre Strömung  $\frac{c^2}{2} + gz + \frac{p}{\rho} = \text{const.} = K$  (K = spez. mechan. Energie)

Druckgleichung

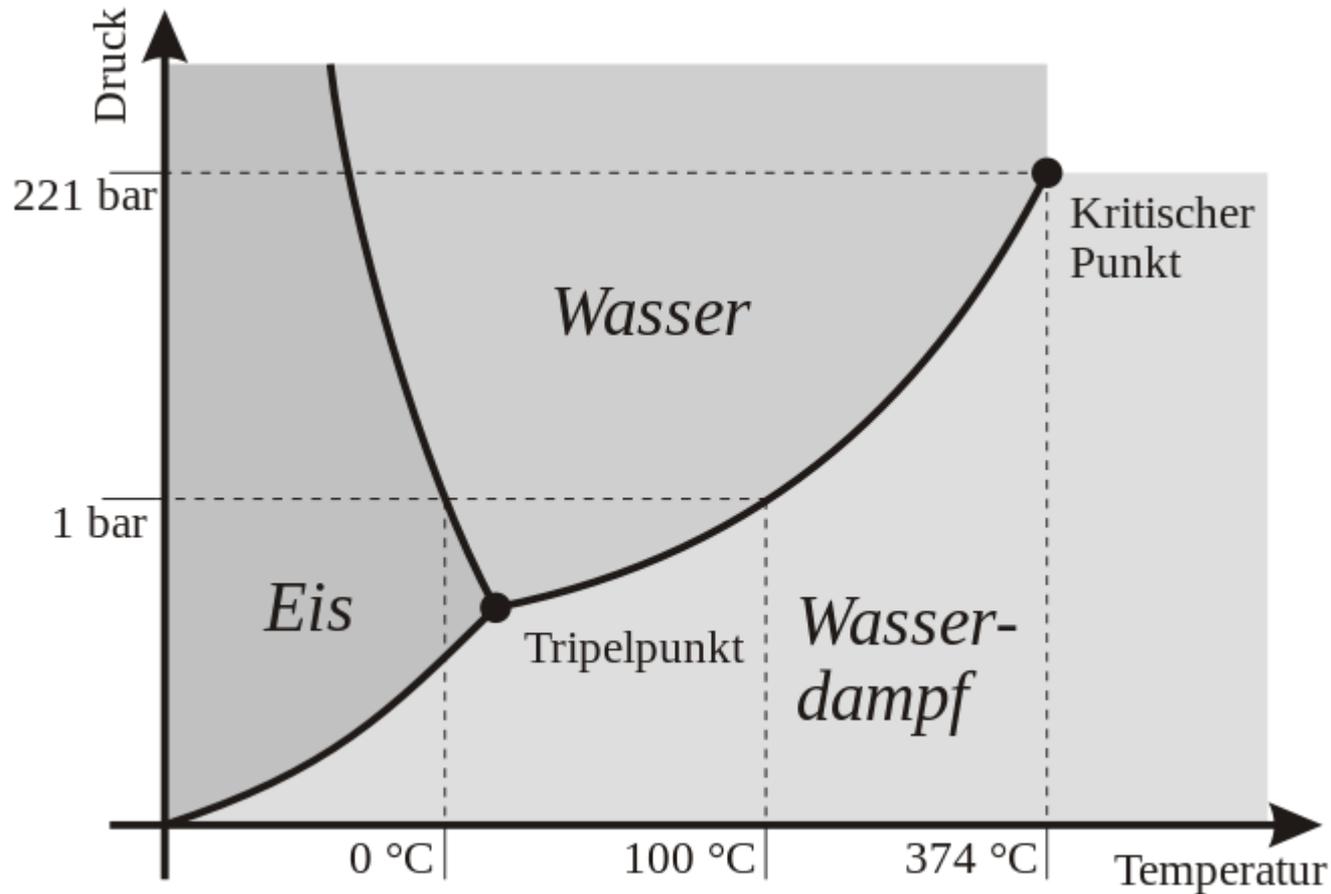
$$\frac{\rho c^2}{2} + \rho g z + p = \text{const.} = p_{tot}$$

Dynamischer Druck
Geodätischer Druck
Statischer Druck
Totaldruck

- **Impulssatz** (Änderung des Impulses entspricht den angreifenden Kräften)

$$\int_A \rho \vec{c} (\vec{c} \vec{n}) dA = \sum \vec{F}_a$$

## Aufgabe 1.1



Phasendiagramm Wasser

[[https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Phasendiagramm\\_MitAnomalie.svg](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Phasendiagramm_MitAnomalie.svg)]