

Versuch Druckverlust

Zielstellung:

Druckverlustcharakterisierung mikrofluidischer Bauteile

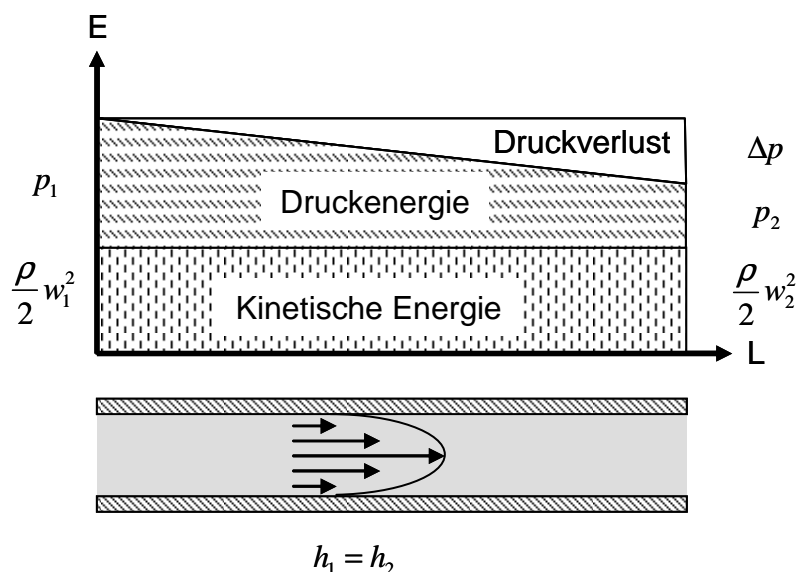
Grundlagen:

Ein Druckverlust Δp tritt auf wenn Medien durch Kanäle oder Rohren strömen. Dabei wird irreversibel Strömungsenergie in Wärme umgewandelt. Die Bernullische Gleichung (Gl.1) beschreibt für inkompressible Medien unter isothermalen Bedingungen die Energieerhaltung für entsprechende Systeme:

$$\frac{\rho}{2} w_1^2 - \rho \cdot g \cdot h_1 + p_1 = \frac{\rho}{2} w_2^2 - \rho \cdot g \cdot h_2 + p_2 + \Delta p$$

Gl. 1

$$\left[\frac{J}{m^3} = \frac{N \cdot m}{m^3} = \frac{N}{m^2} = \frac{kg}{m \cdot s^2} \right]$$



Der Druckverlust ΔP_i einer individuellen Geometrie i kann mit Hilfe des Druckverlustbeiwertes ζ_i nach Gl. 2 beschrieben werden. Die mittlere Strömungsgeschwindigkeit \bar{w}_i eines paraboliden Strömungsprofile kann nach Gl. 3 als pro Zeit durch die Querschnittsfläche gefördertes Volumen berechnet werden. Der Druckverlust eines Systems ΔP_p setzt sich additiv aus den durchströmten Komponenten zusammen Gl. 4.

$$\Delta P_i = \zeta_i \cdot \frac{\rho}{2} \cdot \bar{w}_i^2 \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

Gl. 2

$$\bar{w}_i = \frac{\dot{V}}{A_i} \left[\frac{m}{s} \right] \quad \text{Gl. 3}$$

$$\Delta P_p = \sum_i \Delta P_i \left[\frac{N}{m^2} \right] \quad \text{Gl. 4}$$

Im Falle von geraden Rohren mit konstantem Querschnitt kann der Druckverlustbeiwertes ζ_i mit Hilfe der Rohrreibungszahl λ_i nach Gl. 5 beschrieben werden. Im Falle laminarer Strömungen hängt die Rohrreibungszahl λ_i reziprok von der Re-Zahl ab. Die Re-Zahl kann nach Gl. 9. Berechnet werden. d_h ist der hydrodynamische Durchmesser.

$$\zeta_i = \lambda_i \cdot \frac{L_i}{d_{h,i}} [-] \quad \text{Gl. 5}$$

$$d_h = 4 \cdot \frac{A}{Pm} [m] \quad \text{Gl. 6}$$

$$\lambda_f = C_{f,lam} \cdot \frac{1}{\text{Re}} = \frac{C_{f,lam}}{v \cdot d_h} \cdot \frac{1}{w} [-] \quad \text{Gl. 7}$$

$$\zeta_{lam} = \frac{L \cdot C_{lam}}{d_h} \cdot \frac{1}{\text{Re}} [-] \quad \text{Gl. 8}$$

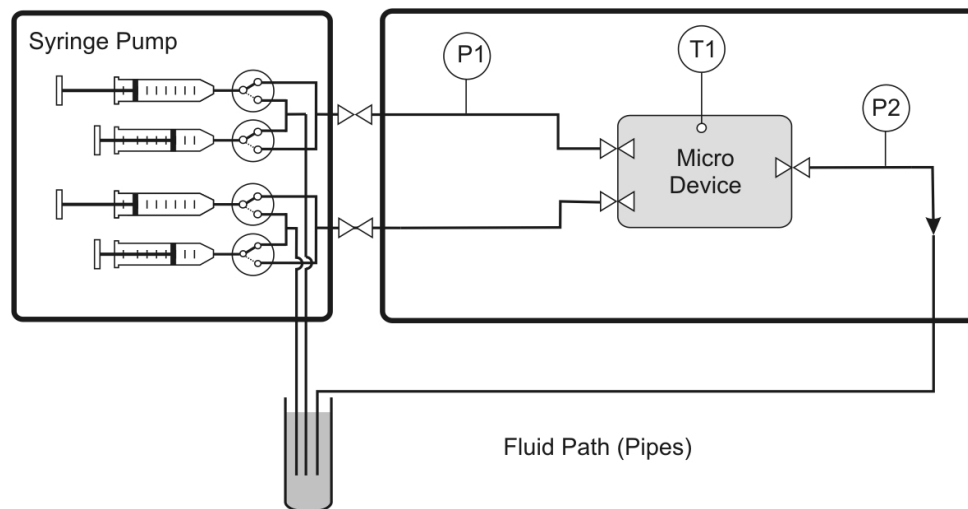
$$\text{Re} = \frac{w \cdot d_h}{v} [-] \quad \text{Gl. 9}$$

Die in inkompressible Fluide dissipierte Energie ε kann nach Gleichung 10 und 11 berechnet werden. Wobei M die Masse im Mischer ist in die Energie dissipiert wird.

$$\varepsilon = \frac{\Delta P \cdot \dot{V}}{M} \left[\frac{W}{kg} = \frac{J}{s \cdot kg} = \frac{m^2}{s^3} \right] \quad \text{Gl. 10}$$

$$\varepsilon = \frac{\xi \cdot \rho \cdot w^2 \cdot \dot{V}}{M} = \frac{\xi \cdot \rho \cdot \dot{V} \cdot \frac{16 \cdot \dot{V}^2}{\pi^2 \cdot d_{ref}^4}}{M} = \frac{\xi \cdot 8 \cdot \rho}{M \cdot \pi^2} \cdot \frac{\dot{V}^2}{d_{ref}^4} \left[\frac{J \cdot s}{kg} = \frac{W}{kg} \right] \quad \text{Gl. 11}$$

Versuchsaufbau



P1, P2 Drucksensoren
T1 Temperatursensor

Aufgabenstellung:

Ziel des Versuches ist die Ermittlung der Druckverlustcharakteristik einzelner mikrofluidischer Bauteile sowie die Berechnung und Messung von Bauteilkombinationen.

- 1.) Messen Sie die auftretenden Druckdifferenzen für die Kapillaren C1- C3 und Mikroreaktoren M1-M6. Verwenden Sie hierzu Wasser und eine 20 % (wt.) Glycerin Lösung.
- 2.) Stellen Sie folgende Parameter als Diagramme dar und verwenden Sie eine logarithmische Achsenskalierung, wenn dies sinnvoll ist.:
 - $\Delta P_i(\dot{V})$; $\Delta P_i(\text{Re})$
 - $\zeta_i(\dot{V})$; $\zeta_i(\text{Re})$
 - Für die Röhre zusätzlich: $\lambda_i(\dot{V})$; $\lambda_i(\text{Re})$
 - Berechnen Sie die Dissipierte Energie $\varepsilon(\text{Re})$ für je einen Mikromischer und ein Stahlkapillare Bauteil hohem Druckverlust
- 3.) Verbinden Sie jeweils zwei Kapillare mit einem Mikromischer und überprüfen Sie ob sich der Druckverlust nach Gl.4 additiv verhält. Erstellen die hierzu ein Diagramm $\zeta_i(\text{Re})$.
- 4.) Diskutieren Sie die Ergebnisse

Versuchsdurchführung

Nach Einweisung durch den Versuchsbetreuer ist zur Durchführung des Versuches die Steuerungssoftware konfiguriert werden. Der Druckverlust wird für einen festgelegten

Flussratenbereich durch eine stufenweise Flussraten Erhöhung oder Erniedrigung ermittelt.
Verwenden Sie mehrere Messungen im Flussratenbereich von 0 – 15.000 $\mu\text{L} / \text{min}$.

