HOCHSCHULE RHEINMAIN

STRÖMUNGSMECHANIK

Untersuchung der Kenngrößen Volumenstrom und Statischer Druck einer Kompressormaschine bei Parametrisierung der ein- und auslassseitigen Geometrien

Autor

DENNIS HUNTER

FACHBEREICH INGENIEURWISSENSCHAFTEN

STUDIENBEREICH ANGEWANDTE PHYSIK & MEDIZINTECHNIK

Datum: 13. März 2021

Inhaltsverzeichnis

1 Problemstellung

Massenbilanz: angenommen wird, dass zu jedem Zeitpunkt die gleiche Masse angesaugt wie ausgeströmt wird. Diese Annahme resultiert aus zu erwartenden Mach-Zahlen deutlich unter $0,3$ und damit verbundener zu vernachlässigend geringer Dichteänderung des Mediums. Mit entgegen gesetzten Vorzeichen für ein- und austretende Massen ergibt sich:

$$\frac{dM}{dt} = \dot{m}_1 + \dot{m}_2 = 0 \tag{1.1}$$

Hierbei ist die zeitliche Änderung der Einzelmasse abhängig der Dichte ρ des Fluids, der durchströmten Fläche A und dem Linienelement entlang eines Stromfadens s. Dies führt zu

$$\dot{m} = \rho A \frac{\partial s}{\partial t} \qquad \text{mit} \qquad \frac{\partial s}{\partial t} = c \tag{1.2}$$

Reynolds-Zahl

$$Re = \frac{\nu}{c \cdot d} \tag{1.3}$$

mit der charakteristischen Länge d, der dynamischen Viskosität ν und der geschwindigkeit entlang des Stromfadens c.

Bernoulli (Energieform)

$$\frac{1}{2}\rho_1 c_1^2 + \rho_1 g h_1 + P_1 = \frac{1}{2}\rho_2 c_2^2 + \rho_2 g h_2 + P_2 + \Delta P_R + \Delta P_F \tag{1.4}$$

bzw. in vereinfachter Form mit der Annahme, dass Druckverluste durch Reibung vernachlässigt werden können, $h_1 = h_2$ gilt und die Dichte ρ an jeder Stelle gleich ist

$$\frac{1}{2}\rho c_1^2 + P_1 = \frac{1}{2}\rho c_2^2 + P_2 + \Delta P_F \tag{1.5}$$

Die ersten beiden Terme in Gleichung (1.5) geben den dynamischen Druck P_d und den statischen Druck P_s jeweils an der Stelle 1. Der dritte und vierte Term respektive die jeweiligen Drücke an der Stelle 2. Der letzte Term bildet den Druckverlust des Systems bedingt durch geometrische Gegebenheiten ab.

$$\Delta P_F = \zeta \cdot \frac{1}{2}\rho c_2^2 \tag{1.6}$$

Kontinuität

$$\rho_1 c_1 A_1 = \rho_2 c_2 A_2 = \dot{m} = konst. \tag{1.7}$$

Was zum **Volumenstrom** führt

$$\dot{V}_i = c_i \cdot A_i \tag{1.8}$$

Navier-Stokes

$$-\vec{\nabla} P + \eta \vec{\nabla}^2 \vec{c} + \rho \vec{f} = \rho \left(\frac{\partial \vec{c}}{\partial t} + \left(\vec{c} \cdot \vec{\nabla} \right) \cdot \vec{c} \right) \tag{1.9}$$

Vereinfachte Form mit

- Statisches Fluid: $\frac{\partial \vec{c}}{\partial t} = \vec{0}$
- Fehlen äußerer Kräfte: $\vec{f} = \vec{0}$
- Vernachlässigung innerer Reibung: $\eta \vec{\nabla}^2 \vec{c} = \vec{0}$

$$-\vec{\nabla} P = \rho \left(\vec{c} \cdot \vec{\nabla} \right) \cdot \vec{c} \tag{1.10}$$

2 Mathematische Grundlagen

3 Beispielrechnung und Simulation

4 Diskusion

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Liste Verwendeter Symbole

A	Fläche
c	Geschwindigkeit
d	Charakteristische Länge
g	Gravitationskonstante
h	Höhe
M	Gesamtmasse
m	Masse
P	Druck
ΔP_F	Druckverlust durch Geometrie
ΔP_R	Druckverlust durch Reibung
Re	Reynolds-Zahl
r	Radius
t	Zeit
V	Volumen

ρ	Dichte
η	Viskosität
ν	Kinematische Viskosität
ζ	Druckverlustbeiwert

A Anhang