



# Strömungsmechanik

Eine kompakte Einführung  
für Physiker und Ingenieure

2., aktualisierte Auflage

Hendrik Kuhlmann

**EXTRAS**  
ONLINE

ALWAYS LEARNING

**PEARSON**

## Strömungsmechanik

# Strömungsmechanik

## Inhaltsverzeichnis

Strömungsmechanik

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

Kapitel 1 Einleitung

1.1 Motivation

1.2 Grundlegende Charakteristika von Fluiden

    1.2.1 Das Kontinuum und seine Grenze

    1.2.2 Viskosität

    1.2.3 Kompressibilität

    1.2.4 Grenzflächenspannung

    1.2.5 Nichtlineare Dynamik

Zusammenfassung

Kapitel 2 Hydrostatik

2.1 Gleichgewichtsbedingung

2.2 Konstante Dichte

    2.2.1 Kommunizierende Gefäße

    2.2.2 Hydrostatische Druckkräfte

2.3 Variable Dichte

    2.3.1 Ideales Gas

    2.3.2 Ruhende Atmosphäre

2.4 Kapillarität

    2.4.1 Laplace-Druck

    2.4.2 Kontaktwinkel

    2.4.3 Steighöhe in Kapillaren

    2.4.4 Ausblick auf die kapillare Dynamik



# Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung

Aufgaben

## Kapitel 3 Hydrodynamische Grundlagen

### 3.1 Kinematik

3.1.1 Substantielle Ableitung

3.1.2 Linien in einem strömenden Fluid

3.1.3 Visualisierung und Messung der Bewegung eines Fluids

3.1.4 Lokale Deformation eines Fluids

### 3.2 Reynolds' Transport-Theorem

### 3.3 Erhaltungsgleichungen für reibungsfreie Fluide

3.3.1 Massenerhaltung

3.3.2 Impulserhaltung

3.3.3 Drallerhaltung

3.3.4 Erhaltung der Gesamtenergie

3.3.5 Thermodynamische Energie

### 3.4 Bemerkungen zur Euler-Gleichung

Zusammenfassung

Aufgaben

## Kapitel 4 Bewegung entlang von Stromfäden und Stromlinien

### 4.1 Stromfadentheorie

4.1.1 Massenerhaltung für einen stationären Stromfaden

4.1.2 Impulserhaltung bei der Rohrströmung

4.1.3 Energieerhaltung entlang eines Stromfadens

### 4.2 Integration längs und senkrecht zu Stromlinien

4.2.1 Bernoulli-Gleichung

4.2.2 Bemerkungen zur Bernoulli-Gleichung

4.2.3 Impulsbilanz senkrecht zur Stromlinie

### 4.3 Anwendungen der Bernoulli-Gleichung



# Inhaltsverzeichnis

4.3.1 Bernoulli-Konstante für eine homogene Anströmung

4.3.2 Strömung längs einer festen Wand

4.3.3 Venturi-Rohr

4.3.4 Prandtlsches Staurohr

4.3.5 Verlustloses Ausströmen aus einem Behälter

## 4.4 Energiesatz für kompressible Strömungen

4.4.1 Thermodynamische Größen im Staupunkt

4.4.2 Wärmezufuhr bei konstantem Druck

## 4.5 Anwendung des Impulssatzes

4.5.1 Strahlimpuls

4.5.2 Strahlablenkung an einer Schneide

4.5.3 Pelton-Schaufelrad

4.5.4 Schub und Leistung eines Strahls

4.5.5 Propeller und Windturbine

4.5.6 Turbinen und Pumpen

## Zusammenfassung

## Aufgaben

# Kapitel 5 Strömungen mit und ohne Vortizität

## 5.1 Die Stromfunktion

## 5.2 Wirbeldynamische Grundlagen

5.2.1 Vortizität

5.2.2 Helmholtz-Gleichung

5.2.3 Helmholtzsche Wirbelsätze

5.2.4 Zirkulationstheorem von Kelvin

## 5.3 Potentialströmungen

5.3.1 Cauchy-Riemannsche Differentialgleichungen

5.3.2 Komplexe Darstellung von Potentialströmungen

## 5.4 Ebene Wirbelströmungen

5.4.1 Festkörperrotation

5.4.2 Potentialwirbel



# Inhaltsverzeichnis

- 5.4.3 Rankine-Wirbel
- 5.4.4 Ebene Senkenströmung
- 5.4.5 Wirbelsenkenströmung
- 5.4.6 Abflußwirbel

## 5.5 Oberflächenwellen

- 5.5.1 Schwerewellen
- 5.5.2 Einfluß von Oberflächenspannung und Tiefe
- 5.5.3 Flachwasserwellen

## Zusammenfassung

## Aufgaben

# Kapitel 6 Kompressible, reibungsfreie Strömungen

## 6.1 Schallausbreitung

- 6.1.1 Wellengleichung und Schallgeschwindigkeit
- 6.1.2 Machscher Kegel

## 6.2 Verdichtungsstoß

- 6.2.1 Verdichtungswelle
- 6.2.2 Stationärer, senkrechter Verdichtungsstoß
- 6.2.3 Thermodynamisches Argument gegen einen Verdünnungsstoß
- 6.2.4 Instationärer Stoß
- 6.2.5 Schwacher Stoß
- 6.2.6 Schräger Verdichtungsstoß

## 6.3 Stationärer, kompressibler Stromfaden

- 6.3.1 Infinitesimale Variationen
- 6.3.2 Geschwindigkeit entlang eines kompressiblen Stromfadens
- 6.3.3 Zustandsgrößen und kritische Werte
- 6.3.4 Kompressible Strömung durch Düsen

## Zusammenfassung

## Aufgaben

# Kapitel 7 Viskose Strömungen

# Inhaltsverzeichnis

## 7.1 Grundgleichungen

- 7.1.1 Spannungstensor
- 7.1.2 Navier-Stokes-Gleichung
- 7.1.3 Wärmetransportgleichung
- 7.1.4 Mechanische Ähnlichkeit
- 7.1.5 Dimensionsanalyse

## 7.2 Schleichende Strömungen

- 7.2.1 Eckenströmungen
- 7.2.2 Dünne Filme

## 7.3 Rohrströmung

- 7.3.1 Laminare, inkompressible Rohrströmung
- 7.3.2 Rohrhydraulik

## 7.4 Laminare Grenzschicht

- 7.4.1 Grenzschichtgleichungen
- 7.4.2 Blasius-Profil
- 7.4.3 Ablösung der Grenzschicht

## 7.5 Turbulente Strömungen

- 7.5.1 Übergang zur Turbulenz
- 7.5.2 Gleichungen für turbulente Strömungen
- 7.5.3 Wirbelviskosität
- 7.5.4 Prandtlscher Mischungsweg
- 7.5.5 Mittlere Geschwindigkeit in Wandnähe
- 7.5.6 Turbulente Grenzschicht einer ebenen Platte
- 7.5.7 Wandrauhigkeit
- 7.5.8 Turbulente inkompressible Rohrströmung

## 7.6 Kraftwirkung auf Körper

- 7.6.1 Durchströmung von Rohrleitungen
- 7.6.2 Umströmung von Körpern
- 7.6.3 Kutta-Joukowski-Formel

## Zusammenfassung



# **Inhaltsverzeichnis**

Aufgaben

Anhang

Anhang A Kleines mathematisches Repetitorium

- A.1 Produkte mit Vektoren
- A.2 Vektorielle Ableitungen
- A.3 Fundamentalsatz der Vektoranalysis
- A.4 Formeln für Volumen- und Flächenintegrale
- A.5 Taylor-Entwicklung

Anhang B Operatoren und Navier-Stokes-Gleichung in  
Zylinderkoordinaten

Anhang C Ausbreitung eines senkrechten Verdichtungsstoßes

Anhang D Druckverteilung in einer Laval-Düse

Literaturverzeichnis

Sachregister

Ins Internet: Weitere Infos zum Buch, Downloads, etc.

Copyright



Pearson

# Copyright

Daten, Texte, Design und Grafiken dieses eBooks, sowie die eventuell angebotenen eBook-Zusatzdaten sind urheberrechtlich geschützt. Dieses eBook stellen wir lediglich als **persönliche Einzelplatz-Lizenz** zur Verfügung!

Jede andere Verwendung dieses eBooks oder zugehöriger Materialien und Informationen, einschließlich

- der Reproduktion,
- der Weitergabe,
- des Weitervertriebs,
- der Platzierung im Internet, in Intranets, in Extranets,
- der Veränderung,
- des Weiterverkaufs und
- der Veröffentlichung

bedarf der **schriftlichen Genehmigung** des Verlags. Insbesondere ist die Entfernung oder Änderung des vom Verlag vergebenen Passwortschutzes ausdrücklich untersagt!

Bei Fragen zu diesem Thema wenden Sie sich bitte an: [info@pearson.de](mailto:info@pearson.de)

## Zusatzdaten

Möglicherweise liegt dem gedruckten Buch eine CD-ROM mit Zusatzdaten bei. Die Zurverfügungstellung dieser Daten auf unseren Websites ist eine freiwillige Leistung des Verlags. **Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.**

## Hinweis

Dieses und viele weitere eBooks können Sie rund um die Uhr und legal auf unserer Website herunterladen:

**<http://ebooks.pearson.de>**