

Leopold Böswirth

Technische Strömungslehre

Lehr- und Übungsbuch

4., durchgesehene und erweiterte Auflage

Mit 146 Abbildungen und 38 Tabellen



Inhaltsverzeichnis

1	Grundbegriffe	1
1.1	Einführung	1
1.2	Erörterung einiger wichtiger Begriffe. Fluid. Stationäre und instationäre Strömungen. Stromlinien und Bahnkurven. Kontinuitätsgleichung. Ideales Fluid. Reale Fluide. Ablösung und Totwassergebiet. Laminare und turbulente Strömungen.	2
1.3	Wiederholung wichtiger Gesetze der Fluidstatik. Druck. Hydrostatisches Grundgesetz. Pascalsches Gesetz.	8
1.4	Anwendung des Newtonschen Grundgesetzes auf strömende Fluide ... Krümmungsdruckformel.	12
1.5	Einteilung der Fluidmechanik	15
1.6	Beispiele	16
1.7	Kontrollfragen und Übungsaufgaben	21
2	Bernoullische Gleichung für stationäre Strömung	25
2.1	Herleitung Herleitung aus dem Satz der Erhaltung der Energie. Herleitung aus dem Newtonschen Grundgesetz.	25
2.2	Druckbegriffe bei strömenden Fluiden. Der statische Druck. Gesamtdruck. Staudruck.	31
2.3	Regeln für die Anwendung der Bernoullischen Gleichung	35
2.4	Verschiedene Formen der Bernoullischen Gleichung	37
2.5	Einfache Beispiele. Ausfluß von Flüssigkeiten aus Gefäßen und Behältern. Besonderheiten bei Ausfluß aus scharfkantigen Öffnungen.	38
2.6	Bernoullische Gleichung, erweitert durch Arbeits- und Verlustglied Besonderheiten bei Pumpen und Ventilatoren. Austrittsverlust.	43
2.7	Beispiel 2.5	47
2.8	Übungsaufgaben	49
3	Impulssatz und Drallsatz für stationäre Strömung	59
3.1	Formulierung des Impulssatzes und Erörterung von Anwendungen	59
3.2	Herleitung des Impulssatzes aus dem Newtonschen Grundgesetz	61
3.3	Drallsatz, Begriff der Strömungsmaschine	64
3.4	Impulsantriebe, Vereinfachte Propellertheorie	69
3.5	Beispiele	73
3.6	Übungsaufgaben	83
4	Räumliche reibungsfreie Strömungen	93
4.1	Allgemeines	93
4.2	Einfache räumliche reibungsfreie Strömungen. Quell- und Senkenströmung. Potentialwirbel. Wirbel- und Quellsenke.	97
4.3	Umströmte Körper. Zylinder. Kugel.	103
4.4	Einiges über Potentialströmungen	105
4.4.1	Allgemeines	105

4.4.2 Ebene Potentialströmungen	105
4.4.3 Räumliche Potentialströmungen	106
4.5 Beispiele	106
4.6 Übungsaufgaben	110
5 Reibungsgesetz für Fluide. Strömung in Spalten und Lagern	113
5.1 Haftbedingung	113
5.2 Reibungsgesetz	116
5.3 Zähigkeit	118
5.4 Weitere Erörterung der Reibungserscheinungen	119
5.5 Bewegungsgleichungen mit Berücksichtigung der Reibung	122
5.6 Strömung in Spalten und Lagern	124
5.7 Beispiele	127
5.8 Übungsaufgaben	130
6 Ähnlichkeit von Strömungen	136
6.1 Reynoldssche Ähnlichkeit	136
6.2 Herleitung des Reynoldsschen Ähnlichkeitsgesetzes	138
6.3 Weitere Ähnlichkeitsgesetze	139
6.4 Das \ddot{U} -Theorem von Buckingham	141
6.5 Beispiel	142
6.6 Übungsaufgaben	143
7 Die Grenzschicht	146
7.1 Übersicht über grundlegende Forschungsergebnisse	146
Die längsangeströmte Platte. Grenzschichten an umströmten Körpern. Grenzschichten in Düsen.	
7.2 Wirbelbildung und Turbulenz	153
7.3 Widerstandsverminderung durch Längsrillen	157
7.3.1 Allgemeines	157
7.3.2 Experimentelle Befunde und Erörterung der Ursachen der Widerstandsverminderung	158
7.4 Beispiele	160
7.5 Übungsaufgaben	162
8 Rohrströmung und Druckverlust	165
8.1 Strömungscharakter der Rohrströmungen	165
Laminare Rohrströmung. Turbulente Rohrströmung.	
8.2 Druckverlust und Druckabfall	168
8.2.1 Druckverlust gerader Rohrleitungsteile	168
8.2.2 Druckverlust von Rohrleitungseinbauten und in Querschnittsübergängen	173
8.2.3 Gesamte Druckdifferenz zwischen zwei Punkten in einer Rohrleitung	176
8.3 Durchflußmessung in Rohren	176
8.4 Anwendungen in der Verfahrenstechnik	179
8.5 Beispiele	192
8.6 Übungsaufgaben	195

9	Widerstand umströmter Körper	205
9.1	Allgemeines	205
9.2	Der Strömungswiderstand der Kugel	207
9.3	Entstehung der Ablösung	208
9.4	Diskussion von Widerstandsbeiwerten	210
9.5	Einiges über strömungsgünstige Gestaltung plumper Körper	213
9.6	Automobilaerodynamik	218
9.7	Freier Fall mit Strömungswiderstand	224
9.8	Beispiele	226
9.9	Übungsaufgaben	228
10	Strömung um Tragflächen	233
10.1	Entstehung des Auftriebes	233
10.2	Geometrische Bezeichnungen und dimensionslose Beiwerte	236
10.3	Einfache Ergebnisse der Potentialtheorie	238
10.4	Darstellung von Meßwerten	240
10.5	Endlich breite Tragflächen	243
10.6	Kräfte und Momente am Flugzeug	245
10.7	Schema der Anwendung der Tragflügelströmung auf Axial-Strömungsmaschinen	247
10.8	Beispiel	248
10.9	Übungsaufgaben	250
11	Einiges über die Lösung zwei- und dreidimensionaler Strömungsprobleme mit Computern	255
11.1	Allgemeines	255
11.2	Ausgangsgleichungen und Diskretisierung	256
11.3	Grundsätzliche Vorgangsweise	263
Anhang	265
A.1	Übersicht über in den Text integrierte Diagramme und Tabellen	265
A.2	Diagramme und Tabellen	266
	Tabelle 1 Eigenschaften der ICAO-Atmosphäre	266
	Tabelle 2 Stoffwerte für Wasser	267
	Tabelle 3 Stoffwerte für trockene Luft	267
	Tabelle 4 Stoffwerte für Flüssigkeiten	267
	Tabelle 5 Stoffwerte von Gasen	268
	Diagramm 1 Widerstandsbeiwert c_f für die längsangeströmte Platte ...	268
	Diagramm 2 Widerstandsbeiwert für den querangeströmten Zylinder .	269
	Diagramm 3 Tragflügelpolaren	270
A.3	Lösungsanhang	271
	A.3.1 Ergebnisse für die Übungsaufgaben	271
	A.3.2 Lösungshinweise für *-Aufgaben	279
Literatur	290
Sachverzeichnis	293