

Inhaltsverzeichnis

1	Grundbegriffe	1
1.1	Einführung	1
1.2	Erörterung einiger wichtiger Begriffe	2
1.3	Wichtige Gesetze der Fluidstatik	9
1.4	Anwendung des Newton'schen Grundgesetzes auf strömende Fluide	15
1.5	Einteilung der Fluidmechanik	18
1.6	Beispiele	19
1.7	Kontrollfragen und Übungsaufgaben	26
2	Bernoulli'sche Gleichung für stationäre Strömung	33
2.1	Herleitung	33
2.2	Druckbegriffe bei strömenden Fluiden	40
2.3	Regeln für die Anwendung der Bernoulli'schen Gleichung	44
2.4	Verschiedene Formen der Bernoulli'schen Gleichung	46
2.5	Einfache Beispiele	48
2.6	Bernoulli'sche Gleichung, erweitert durch Arbeits- und Verlustglied	52
2.7	Beispiel 2.5	57
2.8	Übungsaufgaben	59
3	Impulssatz und Drallsatz für stationäre Strömung	73
3.1	Formulierung des Impulssatzes und Erörterung von Anwendungen	73
3.2	Herleitung des Impulssatzes aus dem Newton'schen Grundgesetz	76
3.3	Drallsatz (Impulsmomentensatz), Begriff der Strömungsmaschine	79
3.4	Vereinfachte Propellertheorie. Windkraftanlagen	84
3.4.1	Vereinfachte Propellertheorie	85
3.4.2	Windkraftanlagen	88
3.5	Beispiele	102
3.6	Übungsaufgaben	115
4	Räumliche reibungsfreie Strömungen	127
4.1	Allgemeines	127
4.2	Einfache räumliche reibungsfreie Strömungen	131

4.3	Umströmte Körper	139
4.4	Potentialströmungen	140
4.4.1	Allgemeines	140
4.4.2	Ebene Potentialströmungen	141
4.4.3	Räumliche Potentialströmungen	142
4.5	Beispiele	142
4.6	Übungsaufgaben	146
5	Reibungsgesetz für Fluide. Strömung in Spalten und Lagern	151
5.1	Haftbedingung	151
5.2	Reibungsgesetz	154
5.3	Viskosität (auch Zähigkeit genannt)	156
5.4	Weitere Erörterung der Reibungserscheinungen	157
5.5	Relative Bedeutung von Druck- und Reibungskräften	161
5.6	Strömung in Spalten und Lagern	163
5.7	Beispiele	166
5.8	Übungsaufgaben	170
6	Ähnlichkeit von Strömungen	177
6.1	Reynolds'sche Ähnlichkeit	177
6.2	Herleitung des Reynolds'schen Ähnlichkeitsgesetzes	179
6.3	Weitere Ähnlichkeitsgesetze	181
6.4	Das Π -Theorem von Buckingham	183
6.5	Beispiel	184
6.6	Übungsaufgaben	185
7	Die Grenzschicht	189
7.1	Übersicht über grundlegende Forschungsergebnisse	189
7.2	Wirbelbildung und Turbulenz	197
7.3	Widerstandsverminderung durch Längsrillen	202
7.3.1	Allgemeines	202
7.3.2	Experimentelle Befunde und Erörterung der Ursachen der Widerstandsverminderung	202
7.3.3	Mögliche Anwendungen	204
7.4	Beispiele	204
7.5	Übungsaufgaben	207
8	Rohrströmung und Druckverlust	211
8.1	Strömungscharakter der Rohrströmungen	211
8.2	Druckverlust und Druckabfall	215
8.2.1	Druckverlust gerader Rohrleitungsteile	215
8.2.2	Druckverlust von Rohrleitungseinbauten und in Querschnittsübergängen	220

8.2.3	Gesamte Druckdifferenz zwischen zwei Punkten in einer Rohrleitung	223
8.3	Durchflussmessung in Rohren mit Norm-Drosselgeräten	224
8.4	Anwendungen in der Verfahrenstechnik	226
8.4.1	Allgemeines	226
8.4.2	Optimale Strömungsgeschwindigkeiten für die Planung von Rohrleitungen	227
8.4.3	Druckverlustberechnung bei längs Rohrleitung veränderlichen Werten T , η , ρ	229
8.4.4	Weitere ausgewählte Widerstandsbeiwerte von Rohrleitungselementen	230
8.4.5	Wärmetauscher	231
8.4.6	Zusammenwirken von Rohrleitungsanlage mit Pumpe bzw. Ventilator	234
8.4.7	Rohrnetze	238
8.4.8	Strömung in Festbetten, Schüttungen und Fließbetten	240
8.5	Beispiele	242
8.6	Übungsaufgaben	245
9	Widerstand umströmter Körper	257
9.1	Allgemeines	257
9.2	Strömungswiderstand einer Kugel	259
9.3	Entstehung der Ablösung	261
9.4	Diskussion von Widerstandsbeiwerten	263
9.5	Strömungsgünstige Gestaltung stumpfer, angeströmter Körper	266
9.6	Automobil-Aerodynamik	271
9.7	Freier Fall mit Strömungswiderstand	280
9.8	Beispiele	282
9.9	Übungsaufgaben	285
10	Strömung um Tragflächen	291
10.1	Entstehung des Auftriebes	291
10.2	Geometrische Bezeichnungen und dimensionslose Beiwerte für Kräfte und Momente an Tragflächen	294
10.3	Einfache Ergebnisse der Potentialtheorie	297
10.4	Darstellung von Messwerten	298
10.5	Endlich breite Tragflächen	303
10.6	Kräfte und Momente am Flugzeug	304
10.7	Schema der Anwendung der Tragflügelströmung auf Axial-Strömungsmaschinen	306
10.8	Beispiel	307
10.9	Übungsaufgaben	310

11	Strömung kompressibler Fluide	315
11.1	Einführung	315
11.2	Stationäre Strömung längs Stromröhre. Grundgleichungen	318
11.3	Schallgeschwindigkeit. Machzahl. Verdichtungsstoß	322
11.4	Die Lavaldüse	328
11.5	Überschallströmungen	336
11.6	Kontrollfragen und Übungsaufgaben	342
12	Instationäre Strömung in Rohrleitungen	345
12.1	Allgemeines	345
12.2	Bernoulli'sche Gleichung für instationäre Strömung	345
12.3	Der Druckstoß in einer flüssigkeitsführenden Rohrleitung	350
12.4	Kontrollfragen und Übungsaufgaben	357
13	Numerische Lösung von Strömungsproblemen (CFD, Computational Fluid Dynamics)	359
13.1	Allgemeines	359
13.2	Eindimensionale Verfahren	361
13.3	Zwei- und dreidimensionale Verfahren	370
13.4	Grundsätzliche Vorgehensweise	377
Anhang		379
A.1	Diagramme und Tabellen	379
A.2	Lösungsanhang	384
A.2.1	Ergebnisse für die Übungsaufgaben	384
A.2.2	Lösungshinweise für * Aufgaben	403
Literatur		419
Sachverzeichnis		423