

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort.....</b>	<b>V</b>
<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>VII</b>
<b>0      Einleitung .....</b>	<b>1</b>
0.1    Einheiten nach DIN 1301,1314 und 1345.....	1
0.2    Formelzeichen nach DIN – Normblättern.....	3
0.3    Zusammenstellung der verwendeten Größen und Kennzahlen.....	3
0.4    Vektoren .....	13
0.5    Schreibweise physikalischer Gleichungen nach DIN 1313 .....	16
0.5.1    Einheitengleichungen .....	16
0.5.2    Physikalische Größen .....	16
0.5.3    Größengleichungen.....	16
0.5.4    Zahlenwertgleichungen.....	19
0.6    Formarten und Dichteänderung der Stoffe; Einteilung der Technischen Mechanik .....	21
0.6.1    Formarten der Stoffe (Aggregatzustände).....	21
0.6.2    Dichteänderung der Stoffe .....	22
0.6.3    Einteilung der Technischen Mechanik.....	26
0.7    Thermodynamik.....	28
0.7.1    Zustandsgleichung für ideale Gase .....	28
0.7.2    Normzustand .....	29
0.7.3    Umrechnung des Gasvolumens für verschiedene Gaszustände .....	30
0.7.4    Austauschbare Wärmemenge .....	31
0.7.5    Innere Energie.....	33

0.7.6	Äußere absolute Gasarbeit .....	33
0.7.7	Verschiebearbeit .....	35
0.7.8	Technische Gasarbeit .....	35
0.7.9	Enthalpie .....	37
0.7.10	I. Hauptsatz der Wärmelehre .....	38
0.7.11	Entropie .....	38
0.7.12	Besondere Zustandsänderungen der Gase .....	39
<b>1</b>	<b>Mechanik der ruhenden Flüssigkeiten und Gase .....</b>	<b>49</b>
1.1	Hydrostatik .....	49
1.1.1	Flüssigkeitsoberflächen .....	49
1.1.2	Spannungszustand der ruhenden Flüssigkeit .....	61
1.1.3	Flüssigkeitsdruck .....	61
1.1.4	Druckverteilung .....	63
1.1.5	Durch hydrostatische Drücke erzeugte Kräfte .....	78
1.2	Aerostatik .....	105
1.2.1	Isotherme Gasschichtung .....	106
1.2.2	Adiabatische Gasschichtung .....	108
1.2.3	Lineare Druckverteilung .....	110
1.2.4	Schaubild für die einzelnen Druckfunktionen (Bild 1./37) .....	111
<b>2</b>	<b>Reibungsfreie Strömung inkompressibler Flüssigkeiten .....</b>	<b>119</b>
2.1	Begriffe der Strömungsmechanik .....	119
2.1.1	Stromlinie, Stromröhre, Stromfaden .....	119
2.1.2	Stationär – instationär .....	120
2.1.3	Der Mengenstrom .....	121
2.2	Stetigkeitsgleichung .....	129
2.2.1	Eindimensionale Strömung .....	129
2.2.2	Dreidimensionale Strömung .....	130
2.3	Satz von Bernoulli .....	134
2.3.1	Energiegleichung .....	134
2.3.2	Anwendungen der Energiegleichung .....	136
2.4	Potentialströmung .....	171

2.4.1	Linienintegrale .....	171
2.4.2	Zirkulation .....	172
2.4.3	Potentiale .....	174
2.4.4	Potentialströmungen .....	175
2.4.5	Satz von THOMSON .....	176
2.4.6	Einige Potentialströmungen .....	176
2.5	Impulssatz für strömende Stoffe .....	186
2.6	Drall und Drallsatz für strömende Stoffe .....	217
2.6.1	Der Drallsatz .....	217
2.6.2	Drallsatz für Strömungsmaschinen: Eulersche Turbinengleichung .....	221
<b>3</b>	<b>Verlustfreie Gasströmung .....</b>	<b>229</b>
3.1	Strömungsgeschwindigkeit und Massenstrom .....	230
3.1.1	Ausströmgeschwindigkeit $w_2$ und Geschwindigkeitsfunktion $\psi_w$ .....	230
3.1.2	Austretender Massenstrom $\dot{m}$ , Ausflussfunktion $\psi$ , kritisches Druckverhältnis $p_{kr}/p_1$ .....	233
3.1.3	Kritische Ausströmgeschwindigkeit .....	238
3.2	Gestaltung der Austrittsöffnung von Mündungen und Düsen .....	240
3.2.1	Besondere Betriebszustände für Mündungen .....	240
3.2.2	Besondere Betriebszustände für Lavaldüsen .....	242
3.2.3	Änderung des Auslegezustandes bei Mündungen .....	249
3.2.4	Änderung des Auslegezustandes bei Lavaldüsen .....	250
3.3	Schallgeschwindigkeit .....	265
3.3.1	Schallausbreitung im strömenden Gas .....	269
3.3.2	Machzahl, Machscher Winkel .....	274
3.3.3	Berechnung und Darstellung von Überschallströmungen .....	274
<b>4</b>	<b>Reibungsbehaftete Strömung .....</b>	<b>279</b>
4.1	Viskosität .....	280
4.1.1	Dynamische Viskosität $\eta$ .....	280
4.1.2	Kinematische Viskosität $\nu$ .....	287

<b>4.2</b>	<b>Ähnlichkeitsbetrachtungen .....</b>	293
4.2.1	Die Reynoldszahl $Re$ .....	294
4.2.2	Die Froudezahl $Fr$ .....	296
4.2.3	Weitere Kennzahlen der Ähnlichkeitsmechanik.....	297
4.2.4	Strömungsformen .....	298
4.2.5	Reibungsbehaftete Strömung durch Rohre .....	298
<b>4.3</b>	<b>Laminare Rohrströmung .....</b>	305
4.3.1	Geschwindigkeitsverteilung, Gesetz von STOKES .....	305
4.3.2	Abhängigkeit zwischen Volumenstrom, mittlerer Strömungsgeschwindigkeit und Reibungsverlust bei der laminaren Strömung, Gesetz von HAGEN-POISEUILLE .....	309
<b>4.4</b>	<b>Turbulente Rohrströmung .....</b>	318
4.4.1	Die Grenzschicht der Rohrströmung .....	318
4.4.2	Geschwindigkeitsverteilung in der turbulenten Rohrströmung .....	321
4.4.3	Reibungsverlust bei turbulenter Rohrströmung .....	324
4.4.4	Reibungsverlust in horizontalen, geraden Rohren mit gleichbleibendem Querschnitt ohne Krümmer und Einbauten .....	331
<b>4.5</b>	<b>Energieverluste durch Rohreinbauten .....</b>	354
4.5.1	Widerstandszahlen $\zeta$ für verschiedene Einbauten .....	355
4.5.2	Zusammenstellung der Gleichungen zur Berechnung des Energieverlustes in Rohrleitungen (Tabelle 4.2).....	370
4.5.3	Gleichwertige Widerstandslänge $l_w$ .....	373
<b>4.6</b>	<b>Strömung durch unrunde Rohre und Rinnen, Strömung aus Behältern ...</b>	400
4.6.1	Strömung durch unrunde Rohre.....	400
4.6.2	Strömung durch Rinnen .....	402
4.6.3	Strömung aus Behältern.....	410
<b>4.7</b>	<b>Energieverluste ausströmender Gase</b>	423
<b>5</b>	<b>Widerstand angeströmter Körper</b>	431
5.1	<b>Druckwiderstand</b>	432
5.2	<b>Reibungswiderstand</b>	435

5.3	Gesamter Körperwiderstand .....	438
5.4	Widerstandsgesetz von STOKES .....	457
5.5	Sinkgeschwindigkeit von Staubteilchen .....	459
<b>6</b>	<b>Durchflussmessungen mit Drosselgeräten .....</b>	<b>465</b>
<b>7</b>	<b>Der Tragflügel.....</b>	<b>491</b>
7.1	Dynamische Auftriebskraft.....	491
7.2	Satz von KUTTA und JOUKOWSKI .....	492
7.3	Auftrieb und Widerstand am Tragflügel.....	500
7.3.1	Gleitflug, Gleitzahl, Anstellwinkel .....	502
7.3.2	Diagramme für die Beiwerte $c_A$ , $c_{WG}$ und $c_M$ .....	504
<b>8</b>	<b>Instationäre Strömung .....</b>	<b>507</b>
8.1	Instationäre Strömung aus einem Behälter .....	507
8.2	Instationäre Strömung zwischen zwei Behältern .....	519
8.3	Bernoullische Gleichung für instationäre Strömungen.....	524
<b>9</b>	<b>Erweiterte Energiegleichung .....</b>	<b>535</b>
9.1	Einteilung der mechanischen Maschinen.....	535
9.2	Energiegleichung für zwischengeschaltete Maschinen.....	536
9.3	Energiegleichung für zwischengeschaltete Wärmetauscher .....	537
9.4	Allgemeine Energiegleichung.....	538

<b>10</b>	<b>Grundwasserströmungen</b>	<b>549</b>
10.1	Durchlässigkeitsbeiwert.....	549
10.2	Permeabilität.....	553
10.3	Entnahmebrunnen.....	555
10.3.1	Ungespanntes Grundwasser.....	555
10.3.2	Gespanntes Grundwasser.....	557
10.4	Versickerungsbohrungen .....	558
10.4.1	Ungespanntes Grundwasser.....	559
10.4.2	Gespanntes Grundwasser .....	560
10.5	Grundwasserabsenkung .....	562
10.5.1	Ungespanntes Grundwasser.....	562
10.5.2	Gespanntes Grundwasser .....	564
10.6	Berechnung der Reichweite	565
<b>11</b>	<b>Anhang</b>	<b>569</b>
11.1	Schrifttum	569
11.2	Relevante Normblätter	570
<b>12</b>	<b>Sachverzeichnis</b>	<b>573</b>