

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
1 Einleitung	1
1.1 Thermodynamik aus der Perspektive des Ingenieurs.....	1
1.2 Größen, Einheiten und Gleichungen	5
1.3 Wichtige Naturkonstanten.....	9
1.4 Das thermodynamische System	10
1.5 Der thermodynamische Zustand eines Systems	13
1.5.1 Der Zusammenhang zwischen Volumen, Masse und Stoffmenge	14
1.5.2 Druck	15
1.5.3 Temperatur	16
1.6 Prozessgrößen	18
1.7 Verstehen durch Üben: Grundlagen	22
2 Zustandsänderungen für Ideales Gas	31
2.1 Der Modellstoff ideales Gas	31
2.2 Die thermische Zustandsgleichung des idealen Gases.....	32
2.3 Isentrope und polytrope Zustandsänderungen mit idealem Gas	34
2.4 Darstellung des Zustandsverhaltens in Diagrammen.....	36
2.5 Gemische idealer Gase.....	38
2.6 Grenzen für die Anwendung der thermischen Zustandsgleichung.....	40
2.7 Verstehen durch Üben: Ideales Gas	41
3 Kalorische Zustandsgleichungen und spezifische Wärmekapazitäten	57
3.1 Die kalorischen Zustandsgößen innere Energie und Enthalpie.....	57
3.2 Die spezifischen Wärmekapazitäten für ideales Gas	58
3.3 Die spezifische Wärmekapazität für polytrope Zustandsänderungen	61
3.4 Eigenschaften der spezifischen Wärmekapazität	63
3.5 Die Grundgleichung der Kalorik und ihre Anwendung	65
3.6 Ergänzende Bemerkungen zur Modellbildung für Gase	68
3.7 Verstehen durch Üben: Grundgleichung der Kalorik.....	69

4	Erster Hauptsatz der Thermodynamik	81
4.1	Energiebilanz für das geschlossene System.....	82
4.2	Energiebilanz für ruhende offene Systeme	83
4.3	Verstehen durch Üben: Erster Hauptsatz	85
5	Zweiter Hauptsatz der Thermodynamik	97
5.1	Definition der Entropie und Hauptaussagen	97
5.2	Hauptgleichungen der Thermodynamik	101
5.3	Berechnung der Entropie für ideales Gas	101
5.4	Ausgewählte Anwendungen	102
5.4.1	Der irreversible Vorgang der Drosselung.....	102
5.4.2	Mischung und Diffusion	103
5.4.3	Folgerungen aus Exergie und Anergie der Wärme	105
5.5	Verstehen durch Üben: Zweiter Hauptsatz	110
6	Thermisches Verhalten von reinen Stoffen bei Phasenübergängen	123
6.1	Phasengleichgewichtskurven im p, T -Diagramm	123
6.2	Phasenübergang fest-flüssig und flüssig-fest.....	126
6.3	Isobare Verdampfung und Kondensation.....	127
6.4	Verstehen durch Üben: Phasenübergang fest-flüssig.....	129
6.5	Verstehen durch Üben: Verdampfung und Kondensation	134
7	Kompressoren	151
7.1	Thermodynamische Grundlagen.....	151
7.2	Schadraumverhältnis und Füllungsgrad bei Kolbenverdichtern	155
7.3	Isentroper Wirkungsgrad bei Verdichtung	157
7.4	Effizienzsteigerung durch Mehrstufigkeit	157
7.5	Verstehen durch Üben: Kompressoren	160
8	Kreisprozesse für Wärmekraftmaschinen	179
8.1	Der Carnot-Prozess als Vorbild für alle Wärmekraftmaschinen	181
8.1.1	Thermodynamische Grundlagen.....	182
8.1.2	Prozesscharakteristik mit idealem Gas als Arbeitsmittel	183
8.1.3	Verstehen durch Üben: Carnot-Prozess	186
8.2	Vergleichsprozesse für Motoren mit innerer Verbrennung	196
8.2.1	Gleichraumprozess als Vergleichsprozess für Ottomotoren.....	198
8.2.2	Gleichdruckprozess als Vergleichsprozess für das Prinzip des Dieselmotors (klassischer Diesel-Prozess)	200

8.2.3	Der Seiliger-Prozess als Vergleichsprozess für Dieselmotoren.....	202
8.2.4	Verstehen durch Üben: Vergleichsprozesse für Motoren	204
8.3	Der Joule-Prozess als Vergleichsprozess für Gasturbinen.....	221
8.3.1	Der reversible thermodynamische Vergleichsprozess.....	221
8.3.2	Die Kreisprozesscharakteristik des Joule-Prozesses.....	225
8.3.3	Annäherung an den realen Prozess	227
8.3.4	Regeneration zur Steigerung des Wirkungsgrades.....	230
8.3.5	Verstehen durch Üben: Joule-Prozess.....	232
8.4	Der Clausius-Rankine-Prozess für Dampfkraftanlagen	252
8.4.1	Der reversible thermodynamische Vergleichsprozess.....	252
8.4.2	Beeinflussung des thermischen Prozesswirkungsgrades.....	257
8.4.3	Annäherung an den realen Kraftwerksprozess.....	260
8.4.4	Verstehen durch Üben: Clausius-Rankine-Prozess	262
9	Anhang	279
9.1	Verzeichnis der Aufgaben	279
9.2	Verzeichnis der Abbildungen	282
9.3	Verzeichnis der Formelzeichen	285
9.4	Maßeinheiten und Normzustände	287
9.5	Internationale Normatmosphäre nach DIN ISO 2533.....	290
9.6	Spezifische Wärmekapazitäten von Gasen	291
9.7	Formelzusammenstellung für ideales Gas	292
9.8	Stoffdaten für Wasser nach IAPWS-IF 97	294
	Literatur	305
	Index	307