

Michael Seidel

Thermodynamik – Verstehen durch Üben

Band 1: Energielehre

2., bearbeitete Auflage

DE GRUYTER
OLDENBOURG

Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur ersten Auflage	V
1 Einleitung	1
1.1 Thermodynamik aus der Perspektive des Ingenieurs.....	1
1.2 Größen, Einheiten und Gleichungen.....	6
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.....	17
1.6 Prozessgrößen.....	18
1.7 Verstehen durch Üben: Grundlagen.....	23
2 Zustandsänderungen für ideales Gas	33
2.1 Der Modellstoff ideales Gas.....	33
2.2 Die thermische Zustandsgleichung des idealen Gases.....	34
2.3 Isentrope und polytrope Zustandsänderungen mit idealem Gas.....	36
2.4 Darstellung des Zustandsverhaltens in Diagrammen.....	38
2.5 Gemische idealer Gase.....	40
2.6 Grenzen für die Anwendung der thermischen Zustandsgleichung.....	42
2.7 Verstehen durch Üben: Ideales Gas.....	44
3 Kalorische Zustandsgleichungen und spezifische Wärmekapazitäten	63
3.1 Die kalorischen Zustandsgrößen innere Energie und Enthalpie.....	63
3.2 Die spezifischen Wärmekapazitäten für ideales Gas.....	64
3.3 Die spezifische Wärmekapazität für polytrope Zustandsänderungen.....	67
3.4 Eigenschaften der spezifischen Wärmekapazität.....	69
3.5 Die Grundgleichung der Kalorik und ihre Anwendung.....	71
3.6 Ergänzende Bemerkungen zur Modellbildung für Gase.....	74
3.7 Verstehen durch Üben: Grundgleichung der Kalorik.....	75

4	Erster Hauptsatz der Thermodynamik	91
4.1	Energiebilanz für das geschlossene System.....	95
4.2	Energiebilanz für ruhende offene Systeme	95
4.3	Verstehen durch Üben: Erster Hauptsatz	98
5	Zweiter Hauptsatz der Thermodynamik	114
5.1	Definition der Entropie und Hauptaussagen.....	114
5.2	Hauptgleichungen der Thermodynamik	118
5.3	Berechnung der Entropie für ideales Gas	119
5.4	Ausgewählte Anwendungen	119
5.4.1	Der irreversible Vorgang der Drosselung.....	119
5.4.2	Mischung und Diffusion	121
5.4.3	Folgerungen aus Exergie und Anergie der Wärme	122
5.5	Verstehen durch Üben: Zweiter Hauptsatz	127
6	Thermisches Verhalten von reinen Stoffen bei Phasenübergängen	140
6.1	Phasengleichgewichtskurven im p, T -Diagramm	140
6.2	Phasenübergang fest-flüssig und flüssig-fest.....	144
6.3	Isobare Verdampfung und Kondensation.....	145
6.4	Verstehen durch Üben: Phasenübergang fest-flüssig	148
6.5	Verstehen durch Üben: Verdampfung und Kondensation	152
7	Kompressoren	174
7.1	Thermodynamische Grundlagen.....	174
7.2	Schadraumverhältnis und Füllungsgrad bei Kolbenverdichtern	178
7.3	Wirkungsgrade von Kompressoren.....	180
7.4	Effizienzsteigerung durch Mehrstufigkeit	181
7.5	Verstehen durch Üben: Kompressoren	184
8	Kreisprozesse für Wärmekraftmaschinen	206
8.1	Der Carnot-Prozess als Vorbild für alle Wärmekraftmaschinen	208
8.1.1	Thermodynamische Grundlagen.....	209
8.1.2	Prozesscharakteristik mit idealem Gas als Arbeitsmittel	210
8.1.3	Verstehen durch Üben: Carnot-Prozess	214
8.2	Vergleichsprozesse für Motoren mit innerer Verbrennung	224
8.2.1	Gleichraumprozess als Vergleichsprozess für Ottomotoren.....	226
8.2.2	Gleichdruckprozess als Vergleichsprozess für das Prinzip des Dieselmotors (klassischer Diesel-Prozess)	228
8.2.3	Der Seiliger-Prozess als Vergleichsprozess für Dieselmotoren	230

8.2.4	Verstehen durch Üben: Vergleichsprozesse für Motoren	232
8.3	Der Joule-Prozess als Vergleichsprozess für Gasturbinen.....	250
8.3.1	Der reversible thermodynamische Vergleichsprozess	250
8.3.2	Die Kreisprozesscharakteristik des Joule-Prozesses	253
8.3.3	Annäherung an den realen Prozess	255
8.3.4	Regeneration zur Steigerung des Wirkungsgrades.....	259
8.3.5	Verstehen durch Üben: Joule-Prozess	261
8.4	Der Clausius-Rankine-Prozess für Dampfkraftanlagen	283
8.4.1	Der reversible thermodynamische Vergleichsprozess	283
8.4.2	Beeinflussung des thermischen Prozesswirkungsgrades.....	288
8.4.3	Annäherung an den realen Kraftwerksprozess.....	291
8.4.4	Verstehen durch Üben: Clausius-Rankine-Prozess	293
9	Anhang	314
9.1	Verzeichnis der Aufgaben	314
9.2	Verzeichnis der Abbildungen	317
9.3	Verzeichnis der Formelzeichen	319
9.4	Maßeinheiten und Normzustände	321
9.5	Internationale Normatmosphäre nach DIN ISO 2533	325
9.6	Spezifische Wärmekapazitäten von Gasen	326
9.7	Formelzusammenstellung für ideales Gas	327
9.8	Stoffdaten für Wasser nach IAPWS-IF 97	329
	Literatur	339
	Index	341