

Inhaltsverzeichnis

1 Grundlagen der Thermodynamik	11
1.1 Aufgabe der Thermodynamik	11
1.2 Größen und Einheitensysteme	11
1.3 Thermische Zustandsgrößen	12
1.3.1 Volumen	12
1.3.2 Druck	13
1.3.3 Temperatur	15
1.4 Thermische Zustandsgleichung	16
1.4.1 Thermische Zustandsgleichung eines homogenen Systems	16
1.4.2 Thermische Zustandsgleichung des idealen Gases	16
1.5 Mengenmaße Kilomol und Normvolumen; molare Gaskonstante	17
1.6 Thermische Ausdehnung	19
2. Erster Hauptsatz der Thermodynamik	21
2.1 Energieerhaltung, Energiebilanz	21
2.2 Arbeit am geschlossenen System	21
2.3 Innere Energie	24
2.4 Wärme	25
2.5 Arbeit am offenen System und Enthalpie	25
2.6 Formulierungen des ersten Hauptsatzes der Thermodynamik	27
2.7 Kalorische Zustandsgleichungen	28
2.7.1 Kalorische Zustandsgleichungen eines homogenen Systems	28
2.7.2 Spezifische Wärmekapazitäten eines homogenen Systems	28
2.7.3 Kalorische Zustandsgleichungen des idealen Gases	31
2.7.4 Spezifische Wärmekapazitäten des idealen Gases	31
2.7.5 Molare Wärmekapazitäten des idealen Gases	36
3. Zweiter Hauptsatz der Thermodynamik	37
3.1 Definition der Entropie	37
3.2 Entropie und zweiter Hauptsatz der Thermodynamik	37
3.3 <i>T,S</i> -Diagramm	37
3.4 Einfache Zustandsänderungen des idealen Gases	38

3.4.1	Isochore Zustandsänderung	38
3.4.2	Isobare Zustandsänderung	42
3.4.3	Isotherme Zustandsänderung	45
3.4.4	Isentrope Zustandsänderung	46
3.4.5	Polytrope Zustandsänderung	46
3.4.6	Zustandsänderungen in adiabaten Systemen	53
3.5	Kreisprozesse	57
3.6	Adiabate Drosselung	60
3.7	Füllen eines Behälters	61
3.8	Temperaturausgleich	61
3.9	Exergie und Anergie	62
3.9.1	Begrenzte Umwandelbarkeit der inneren Energie und der Wärme ...	62
3.9.2	Exergie und Anergie eines strömenden Fluids	62
3.9.3	Exergie und Anergie eines geschlossenen Systems	64
3.9.4	Exergie und Anergie der Wärme	65
3.9.5	Exergieverlust	70
3.9.6	Exergetischer Wirkungsgrad	73
3.9.7	Energiequalitätsgrad	73
3.9.8	Energie- und Exergie-Flussbild	74
4	Das ideale Gas in Maschinen und Anlagen	83
4.1	Kreisprozesse für Wärme- und Verbrennungskraftanlagen	83
4.2	Kreisprozesse der Gasturbinenanlagen	83
4.2.1	Arbeitsprinzip der Gasturbinenanlagen	83
4.2.2	Joule-Prozess als Vergleichsprozess der Gasturbinenanlage	83
4.2.3	Ericsson-Prozess als Vergleichsprozess der Gasturbinenanlage	84
4.2.4	Der wirkliche Prozess in der Gasturbinenanlage	86
4.3	Kreisprozess des Heißgasmotors	94
4.4	Kreisprozesse der Verbrennungsmotoren	98
4.4.1	Übertragung des Arbeitsprinzips der Motoren in einen Kreisprozess	98
4.4.2	Otto-Prozess als Vergleichsprozess des Verbrennungsmotors	98
4.4.3	Diesel-Prozess als Vergleichsprozess des Verbrennungsmotors	98

4.4.4	Seiliger-Prozess als Vergleichsprozess des Verbrennungsmotors ..	102
4.4.5	Der wirkliche Prozess in den Verbrennungsmotoren	103
4.5	Kolbenverdichter	112
5	Der Dampf und seine Anwendung in Maschinen und Anlagen	117
5.1	Das reale Verhalten der Stoffe	117
5.2	Wasserdampf	118
5.3	Dampfkraftanlagen	136
5.4	Kombiniertes Gas-Dampf-Kraftwerk (GUD-Prozess)	144
5.5	Organische Rankine-Prozesse (ORC)	145
5.6	Linkslaufende Kreisprozesse mit Dämpfen	147
6	Gemische	150
6.1	Die Zusammensetzungen von Gemischen	150
6.2	Ideale Gemische	150
6.3	Gemisch idealer Gase	150
6.4	Gas-Dampf-Gemisch; Feuchte Luft	150
7	Strömungsvorgänge	156
7.1	Kontinuitätsgleichung	156
7.2	Der erste Hauptsatz der Thermodynamik für Strömungsvorgänge	156
7.2.1.	Arbeitsprozesse	156
7.2.2.	Strömungsprozesse	158
7.3	Kraftwirkung bei Strömungsvorgängen	158
7.4	Düsen- und Diffusorströmung	158
8	Wärmeübertragung	159
8.1	Arten der Wärmeübertragung	159
8.2	Wärmeleitung	159
8.2.1	Ebene Wand	159
8.2.2	Zylindrische Wand	160
8.2.3	Hohlkugelwand	162
8.3	Konvektiver Wärmeübergang	162
8.3.1	Wärmeübergang bei erzwungener Strömung	162

8.3.2	Wärmeübergang bei freier Strömung	163
8.3.3	Wärmeübergang beim Kondensieren und Verdampfen	166
8.4	Temperaturstrahlung	166
8.5	Wärmedurchgang	167
8.6	Wärmeübertrager	172
9	Energieumwandlung durch Verbrennung und in Brennstoffzellen	178
9.1	Umwandlung der Brennstoffenergie durch Verbrennung	178
9.2	Verbrennungsrechnung	179
9.2.1	Feste und flüssige Brennstoffe	179
9.2.2	Gasförmige Brennstoffe	180
9.2.3	Näherungslösungen	183
9.3	Verbrennungskontrolle	184
9.4	Theoretische Verbrennungstemperatur	187
9.5	Abgasverlust und feuerungstechnischer Wirkungsgrad	188
9.6	Abgastaupunkt	192
9.7	Emissionen aus Verbrennungsanlagen	193
9.8	Chemische Reaktionen und Irreversibilität der Verbrennung	193
9.9	Brennstoffzellen	193
10	Lösungsergebnisse der Aufgaben	194