

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b>	<b>V</b>
<b>Häufig verwendete Formelzeichen</b>	<b>XI</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Grundbegriffe</b>	<b>5</b>
2.1 System, Systemgrenze, Umgebung, Bezugssystem .....	5
2.2 Thermodynamischer Zustand .....	9
2.3 Erstes Gleichgewichtspostulat der Thermodynamik.....	10
2.4 Innere Zustandsgrößen.....	10
2.4.1 Spezifisches und molares Volumen .....	13
2.4.2 Druck und Temperatur .....	15
2.5 Zweites Gleichgewichtspostulat der Thermodynamik.....	18
2.5.1 Thermisches Gleichgewicht.....	18
2.5.2 Nullter Hauptsatz der Thermodynamik.....	19
2.5.3 Temperaturskala – SI-Definition der Temperatur.....	20
2.6 Äußere Zustandsgrößen.....	22
2.7 Prozess und quasistatische Zustandsänderung.....	23
2.8 Reversible und irreversible Prozesse .....	24
2.9 Thermische Zustandsgleichung.....	25
2.9.1 Thermische Zustandsgleichung des idealen Gases.....	25
2.9.2 Gesetz von Boyle-Mariotte.....	29
2.9.3 Gesetze von Gay-Lussac .....	29
2.9.4 Normzustand .....	32
<b>3 Methoden der Thermodynamik</b>	<b>37</b>
3.1 Bilanzgleichungen und Transportgleichungen.....	37
3.2 Anfangs-, Rand- und Nebenbedingungen .....	37
3.3 Schreibweise der mathematischen Beziehungen in der Thermodynamik.....	38
3.3.1 Die differentiellen Größen $dz$ und $\partial z$ in der Thermodynamik – Zustandsgrößen.....	38
3.3.2 Die differentielle Größe $\delta z$ in der Thermodynamik – Prozessgrößen.....	44

<b>4</b>	<b>Erster Hauptsatz der Thermodynamik</b>	<b>45</b>
4.1	Grundgesetze .....	45
4.2	Erster Hauptsatz – Energieerhaltungssatz .....	47
4.2.1	Wärme und Arbeit .....	47
4.2.2	Druckarbeit (Volumenänderungsarbeit) .....	50
4.2.3	Reibungsarbeit .....	54
4.2.4	Gesamtenergie, innere Energie und Bezugssystem .....	54
4.2.5	Thermische und kalorische Zustandsgrößen .....	56
4.2.6	Erster Hauptsatz für ruhende, geschlossene, homogene Systeme .....	56
4.2.7	Erster Hauptsatz für ruhende, offene, inhomogene Systeme .....	58
4.2.8	Erster Hauptsatz für bewegte, geschlossene Systeme .....	62
4.2.9	Erster Hauptsatz für bewegte, offene, inhomogene Systeme .....	68
4.2.10	Kalorische Zustandsgleichungen und spezifische Wärmekapazität .....	80
<b>5</b>	<b>Spezielle Zustandsänderungen idealer Gase</b>	<b>95</b>
5.1	Einfache thermodynamische Prozesse .....	95
5.2	Prozesse mit Zustandsänderungen idealer Gase .....	95
5.2.1	Prozesse mit isentroper Zustandsänderung .....	97
5.2.2	Prozesse mit isothermer Zustandsänderung .....	104
5.2.3	Prozesse mit isochorer Zustandsänderung .....	108
5.2.4	Prozesse mit isobarer Zustandsänderung .....	111
5.2.5	Prozesse mit polytroper Zustandsänderung .....	115
5.3	Übersicht einfacher Zustandsänderungen idealer Gase .....	120
<b>6</b>	<b>Zweiter Hauptsatz der Thermodynamik</b>	<b>123</b>
6.1	Typische irreversible Prozesse .....	125
6.1.1	Reibungsbehaftete Prozesse (Dissipationsprozesse) .....	125
6.1.2	Wärmeübertragungsvorgänge und andere Ausgleichsvorgänge .....	127
6.2	Mathematische Formulierung des zweiten Hauptsatzes .....	129
6.2.1	Der integrierende Nenner und die absolute Temperatur .....	130
6.2.2	Die Entropie für inhomogene, geschlossene Systeme .....	133
6.2.3	Die Bedeutung der Entropie .....	135
6.3	Diagramm für Wärme und irreversible Prozessenergie .....	139
<b>7</b>	<b>Anwendung des ersten Hauptsatzes auf Kreisprozesse</b>	<b>147</b>
7.1	Prozessarbeit und thermischer Wirkungsgrad .....	148
7.2	Betrachtungen zur Theorie von Kreisprozessen .....	153
7.3	Carnotprozess .....	155

---

<b>8</b>	<b>Anwendung des zweiten Hauptsatzes auf Energieumwandlungen</b>	<b>165</b>
8.1	Exergie und Anergie .....	165
8.2	Exergie und Anergie der Wärme.....	166
8.3	Exergie und Anergie des Stoffstromes .....	169
8.4	Zufuhr von Exergie an ein inhomogenes, geschlossenes System .....	172
8.5	Die Exergie eines inhomogenen, geschlossenen Systems.....	173
8.6	Die Bilanz der technischen Arbeitsfähigkeiten (Exergiebilanz).....	174
8.7	Die Anergie bei Reibung und Wärmeübertragung .....	175
8.8	Der technische Arbeitsverlust.....	176
<b>9</b>	<b>Wärmeübertragung und Wärmedämmung</b>	<b>181</b>
9.1	Transport thermischer Energie .....	181
9.2	Wärmeleitung .....	182
9.2.1	Wärmeleitung durch eine einschichtige ebene Wand.....	185
9.2.2	Wärmeleitung durch eine mehrschichtige ebene Wand.....	187
9.3	Konvektion .....	189
9.4	Strahlung.....	192
9.5	Kombination von Strahlung und Konvektion .....	197
9.6	Kombination von Konvektion und Leitung .....	199
9.7	Zusammenstellung wesentlicher Merkmale des thermischen Energietransports.....	202
	<b>Literatur</b>	<b>205</b>
	<b>Index</b>	<b>207</b>