

Inhaltsverzeichnis

Nomenklatur.....	XV
1 Einleitung.....	1
2 Grundlagen.....	3
2.1 Das thermodynamische System	3
2.2 Zustandsgrößen und Zustandsänderungen	5
2.3. Temperatur und Gleichgewichtspostulate.....	7
2.3.1 Erstes Gleichgewichtspostulat.....	7
2.3.2 Zweites Gleichgewichtspostulat.....	8
2.3.3 Temperaturmessung	8
2.4 Energiearten	9
2.5 Arbeit und Wärme	9
2.6 Größen und Einheiten	10
Verständnisfragen.....	12
3 Die Hauptsätze der Thermodynamik.....	13
3.1 Die allgemeine Form von Bilanzen	13
3.2 Der nullte Hauptsatz der Thermodynamik.....	15
3.2.1 Die Temperatur	15
3.2.2 Die allgemeine Aussage des nullten Hauptsatzes.....	16
3.3 Der erste Hauptsatz der Thermodynamik	17
3.3.1 Die Energie.....	17
3.3.2 Die allgemeine Aussage des ersten Hauptsatzes	17
3.3.3 Die Bilanz der Gesamtenergie für ein offenes System.....	20
3.3.4 Die Bilanz der Energie für ein geschlossenes System.....	23
3.3.5 Die technische Arbeit	24
3.4 Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik.....	27
3.4.1 Die Entropie	27
3.4.2 Die allgemeine Aussage des zweiten Hauptsatzes	28
3.4.3 Die Bilanz der Entropie für ein offenes System	32
3.5 Der dritte Hauptsatz der Thermodynamik	33
3.6 Das chemische Potenzial.....	35
3.7 Folgerungen aus den Hauptsätzen und Bilanzen	36
3.7.1 Die Gibbssche Fundamentalgleichung.....	36

3.7.2 Thermodynamische Potenziale und Relationen	39
3.7.3 Maxwellsche Beziehungen.....	44
Verständnisfragen	45
4 Stoffe und deren thermodynamische Beschreibung (Materialgesetze)	47
4.1 Reale Stoffe (Mehrphasensysteme)	47
4.2 Zustandsgleichungen	52
4.3 Das ideale Gas	55
4.4 Das reale Gas	57
4.5 Der reale Stoff im Nassdampfgebiet.....	61
Verständnisfragen	63
5 Anwendungen der Hauptsätze	65
5.1 Ideale Gase	68
5.1.1 Einfache Zustandsänderungen idealer Gase.....	68
5.1.2 Gemische idealer Gase.....	74
5.1.3 Die adiabate Drosselung.....	78
5.2 Reale Gase	79
5.2.1 Einfache Zustandsänderungen realer Gase.....	79
5.2.2 Die adiabate Drosselung.....	83
5.3 Der reale Stoff im Nassdampfgebiet.....	85
5.3.1 Einfache Zustandsänderungen im Nassdampfgebiet.....	86
Verständnisfragen	88
6 Maximale Arbeit und Exergie.....	89
6.1 Exergie eines offenen Systems	90
6.2 Exergie eines geschlossenen System	93
6.3 Exergie der Wärme.....	95
6.3.1 Der Wärmekraftprozess.....	96
6.3.2 Der Wärmepumpenprozess	96
6.3.3 Der Kältemaschinenprozess	96
6.4 Arbeitsverlust durch Irreversibilitäten	97
Verständnisfragen	98
7 Technische Anwendungen	99
7.1 Verdichter	100
7.1.1 Kolbenverdichter	100
7.1.2 Turboverdichter	103
7.2 Kreisprozesse.....	104
7.2.1 Wärmekraftprozesse.....	108
7.2.2 Kälteprozesse	121
7.3 Eindimensionale Strömungsvorgänge	131
7.3.1 Stationäre Fadenströmung.....	132
7.3.2 Adiabate Strömungsvorgänge	137
7.3.3 Zustandsänderungen über einen Verdichtungsstoß	142
7.4 Gas-Dampf Gemische: Feuchte Luft	147

7.4.1 Die relevanten Konzentrationsmaße.....	148
7.4.2 Die Dichte der feuchten Luft.....	149
7.4.3 Die Enthalpie der feuchten Luft	150
7.4.4 Das h,x -Diagramm nach Mollier	151
7.4.5 Die wichtigsten Zustandsänderungen feuchter Luft.....	152
7.5 Chemische Reaktionen	158
7.5.1 Chemisches Gleichgewicht und Massenwirkungsgesetz.....	160
7.5.2 Das Prinzip des kleinsten Zwanges	164
7.5.3 Das Gesetz der konstanten Wärmesummen	166
Verständnisfragen.....	167
Anhang A: Einfache mathematische Hilfsmittel.....	169
A.1 Funktionen zweier Veränderlicher	169
A.1.1 Das totale Differenzial und Beziehungen zwischen den partiellen Ableitungen	170
A.1.2 Bestimmung von Differenzialquotienten.....	172
A.2 Zustandsgrößen und Prozessgrößen.....	174
A.3 Geschlossene Kurvenintegrale.....	176
Anhang B: Thermodynamische Zustandsfunktionen in Abhängigkeit von Temperatur, Druck und Molmengen.....	179
Anhang C: Ermittlung der Hugoniot-Gleichung für ein van der Waals-Gas	183
Anhang D: Stoffwerte und Tabellen	187
D.1 Stoffwerte einiger Gase.....	187
D.2 Stoffwerte einiger ausgewählter Stoffe	189
D.3 Dampftafel	190
D.3.1 Temperaturtafel	190
D.3.2 Drucktafel	192
D.4 Feuchte Luft.....	194
D.5 Umrechnungstabellen	194
D.6 Energiearten und Energieformen	195
D.7 Zustandsbeziehungen für ideale und reale Gase	197
Anhang E: Diagramme	201
E.1 Mollier h,x -Diagramm für feuchte Luft.....	201
E.2 T,s - und $\log p,h$ -Diagramm für Kohlendioxid	202
E.3 T,s - und $\log p,h$ -Diagramm für Propan.....	203
E.4 T,s - und $\log p,h$ -Diagramm für R134a	204
Literatur	205
Index	207