
Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Grundlagen	3
2.1	Das thermodynamische System	3
2.2	Zustandsgrößen und Zustandsänderungen	5
2.3	Temperatur und Gleichgewichtspostulate	6
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
3	Die Hauptsätze der Thermodynamik	13
3.1	Die allgemeine Form von Bilanzen	13
3.2	Der nullte Hauptsatz der Thermodynamik	16
3.2.1	Die Temperatur	16
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	18
3.3.3	Die Bilanz der Gesamtenergie für ein offenes System	21
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	34
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	40
3.7.3	Maxwellsche Beziehungen	44
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
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	85
6	Maximale Arbeit und Exergie	89
6.1	Exergie eines offenen Systems	90
6.2	Exergie eines geschlossenen Systems	93
6.3	Exergie der Wärme	95
6.3.1	Der Wärmekraftprozess	95
6.3.2	Der Wärmepumpenprozess	96
6.3.3	Der Kältemaschinenprozess	96
6.4	Arbeitsverlust durch Irreversibilitäten	97
7	Technische Anwendungen	101
7.1	Verdichter	102
7.1.1	Kolbenverdichter	102
7.1.2	Turboverdichter	105
7.2	Kreisprozesse	106
7.2.1	Wärmekraftprozesse	110
7.2.2	Kälteprozesse	122
7.3	Eindimensionale Strömungsvorgänge	133
7.3.1	Stationäre Fadenströmung	134
7.3.2	Adiabate Strömungsvorgänge	138
7.3.3	Zustandsänderungen über einen Verdichtungsstoß	143

7.4	Gas-Dampf-Gemische: Feuchte Luft	148
7.4.1	Die relevanten Konzentrationsmaße	149
7.4.2	Die Dichte der feuchten Luft	150
7.4.3	Die Enthalpie der feuchten Luft	151
7.4.4	Das h,x -Diagramm nach Mollier	152
7.4.5	Die wichtigsten Zustandsänderungen feuchter Luft	153
7.5	Chemische Reaktionen	159
7.5.1	Chemisches Gleichgewicht und Massenwirkungsgesetz	161
7.5.2	Das Prinzip des kleinsten Zwanges	165
7.5.3	Das Gesetz der konstanten Wärmesummen	167
Anhang A: Einfache mathematische Hilfsmittel		171
Anhang B: Thermodynamische Zustandsfunktionen in Abhängigkeit von Druck, Temperatur und Molmengen		181
Anhang C: Ermittlung der Hugoniot-Gleichung für ein van-der-Waals-Gas		187
Anhang D: Stoffwerte und Tabellen		191
Anhang E: Diagramme		203
Literaturverzeichnis		209
Sachverzeichnis		211