
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	7
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	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
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	92
6.3	Exergie der Wärme	94
6.3.1	Der Wärmekraftprozess	95
6.3.2	Der Wärmepumpenprozess	95
6.3.3	Der Kältemaschinenprozess	96
6.4	Arbeitsverlust durch Irreversibilitäten	97
7	Technische Anwendungen	99
7.1	Verdichter	100
7.1.1	Kolbenverdichter	100
7.1.2	Turboverdichter	102
7.2	Kreisprozesse	104
7.2.1	Wärmekraftprozesse	107
7.2.2	Kälteprozesse	120
7.3	Eindimensionale Strömungsvorgänge	130
7.3.1	Stationäre Fadenströmung	131
7.3.2	Adiabate Strömungsvorgänge	135
7.3.3	Zustandsänderungen über einen Verdichtungsstoß	140
7.4	Gas-Dampf Gemische: Feuchte Luft	145
7.4.1	Die relevanten Konzentrationsmaße	146
7.4.2	Die Dichte der feuchten Luft	148

7.4.3	Die Enthalpie der feuchten Luft	149
7.4.4	Das h,x -Diagramm nach Mollier	149
7.4.5	Die wichtigsten Zustandsänderungen feuchter Luft	151
7.5	Chemische Reaktionen	156
7.5.1	Chemisches Gleichgewicht und Massenwirkungsgesetz	158
7.5.2	Das Prinzip des kleinsten Zwanges	162
7.5.3	Das Gesetz der konstanten Wärmesummen	164
Anhang A: Einfache mathematische Hilfsmittel		167
Anhang B: Thermodynamische Zustandsfunktionen in Abhängigkeit von Druck, Temperatur und Molmengen		177
Anhang C: Ermittlung der Hugoniot-Gleichung für ein van der Waals-Gas		183
Anhang D: Stoffwerte und Tabellen		187
Anhang E: Diagramme		199
Literatur		205
Sachverzeichnis		207