

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>3</b>
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
<b>3</b>	<b>Die Hauptsätze der Thermodynamik</b>	<b>13</b>
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
<b>4</b>	<b>Stoffe und deren thermodynamische Beschreibung (Materialgesetze) .....</b>	<b>47</b>
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
<b>5</b>	<b>Anwendungen der Hauptsätze .....</b>	<b>65</b>
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
<b>6</b>	<b>Maximale Arbeit und Exergie .....</b>	<b>89</b>
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
<b>7</b>	<b>Technische Anwendungen .....</b>	<b>99</b>
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
<b>Anhang A: Einfache mathematische Hilfsmittel .....</b>		<b>167</b>
<b>Anhang B: Thermodynamische Zustandsfunktionen in Abhängigkeit von Druck, Temperatur und Molmengen. ....</b>		<b>177</b>
<b>Anhang C: Ermittlung der Hugoniot-Gleichung für ein van der Waals-Gas ....</b>		<b>183</b>
<b>Anhang D: Stoffwerte und Tabellen .....</b>		<b>187</b>
<b>Anhang E: Diagramme .....</b>		<b>199</b>
<b>Literatur .....</b>		<b>205</b>
<b>Sachverzeichnis .....</b>		<b>207</b>