

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Themenbegrenzung</b>	<b>1</b>
<b>2 Annäherung an einen Begriff: Was ist Entropie?</b>	<b>3</b>
2.1 Die Bedeutung der Entropie in technischen Fragestellungen . . . . .	4
2.2 Energie, Arbeit, Wärme und Entropie . . . . .	5
2.3 Entropie: Eine Zustandsgröße in thermodynamischen Systemen . . . . .	7
2.4 Entropie: Ein Maß für den strukturellen Zustand eines Stoffes im System . . . . .	8
2.5 Entropieänderungen: Transport und Produktion . . . . .	11
2.6 Entropie und Umgebungszustand . . . . .	12
2.7 Entropie und Exergieverluste . . . . .	15
2.8 Entropieproduktion und Energieentwertung . . . . .	15
2.9 Entropie und Wärme . . . . .	16
2.10 Vermeintlich verwandte Begriffe zur Entropie . . . . .	19
2.10.1 Negentropie . . . . .	19
2.10.2 Entransie . . . . .	19
2.10.3 Enstrophie . . . . .	20
<b>3 Mathematische Beschreibung</b>	<b>21</b>
3.1 Gleichgewichts- und Nicht-Gleichgewichtssituationen . . . . .	21
3.2 Die Entropie-Bilanzgleichung . . . . .	23
3.3 Die Energie-Bilanzgleichung . . . . .	28
3.3.1 Weitere Überlegungen zur mechanischen Teilenergiegleichung	30
3.3.2 Weitere Überlegungen zur thermischen Teilenergiegleichung	31
<b>Hauptteil</b>	<b>35</b>
<b>A Entropie und konzeptionelle Überlegungen</b>	<b>35</b>
<b>4 Verluste in technischen Prozessen allgemein</b>	<b>37</b>
<b>5 Verluste in Strömungsprozessen</b>	<b>39</b>
5.1 Der Grenzfall verlustfreier Strömungen . . . . .	39
5.2 Die Bewertung verlustbehafteter Strömungen . . . . .	42
<b>6 Verluste bei der Wärmeübertragung</b>	<b>45</b>
6.1 Der Grenzfall verlustfreier Wärmeübertragung . . . . .	45
6.2 Die Bewertung verlustbehafteter Wärmeübertragung . . . . .	48

6.3 Auswirkungen irreversibler Wärmeübertragung . . . . .	58
<b>B Entropie und die Bestimmung von Verlusten</b>	<b>63</b>
<b>7 Bestimmung von Verlusten in Strömungsprozessen</b>	<b>65</b>
7.1 Verlust- und Widerstands-Beiwerte . . . . .	65
7.1.1 Durchströmungen . . . . .	66
7.1.2 Umströmungen . . . . .	69
7.2 Bestimmung der Entropieproduktion in laminaren und turbulenten Strömungen . . . . .	70
7.2.1 Laminare Strömungen . . . . .	72
7.2.2 Turbulente Strömungen . . . . .	84
<b>8 Bestimmung von Verlusten bei der Wärmeübertragung</b>	<b>103</b>
8.1 Wärmeübertragung durch reine Leitung . . . . .	103
8.2 Konvektive Wärmeübertragung . . . . .	105
8.2.1 Verluste bei der konvektiven Wärmeübertragung . . . . .	107
8.2.2 Kopplung von Strömungs- und Temperaturfeldern . . . . .	108
8.3 Wärmeübertragung mit Phasenwechsel . . . . .	113
8.4 Wärmeübertragung durch Strahlung . . . . .	121
8.4.1 Wärmestrahlung und Photonengas . . . . .	123
8.4.2 Wärmestrahlung und Schwarzkörper-Strahlung . . . . .	125
8.4.3 Die Exergie der Strahlung . . . . .	130
8.4.4 Ausblick . . . . .	135
<b>C Entropie und die Bewertung und Optimierung von Prozessen</b>	<b>137</b>
<b>9 Bewertung von komplexen Gesamtprozessen</b>	<b>139</b>
<b>10 Bewertung von Einzelprozessen</b>	<b>145</b>
<b>11 Optimierung von Prozessen</b>	<b>151</b>
11.1 Definition und Erläuterungen . . . . .	151
11.1.1 Prozess-Zielgröße(n) . . . . .	151
11.1.2 Prozess-Bedingungen . . . . .	152
11.1.3 Variation der freien Prozess-Parameter . . . . .	152
11.2 Optimierungsstrategien . . . . .	153
11.2.1 Optimierung mit bis zu zwei freien Prozess-Parametern . . . . .	153
11.2.2 Optimierung mit mehreren freien Prozess-Parametern . . . . .	158
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>163</b>
<b>Allgemeine Literatur zum 2. Hauptsatz der Thermodynamik</b>	<b>167</b>
<b>Index</b>	<b>168</b>