

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einführung</b> .....	1
1.1 Grundbegriffe der Energietechnik .....	3
1.1.1 Erscheinungsformen der Energie .....	3
1.1.2 Energieerhaltung .....	4
1.1.3 Energiewandler und Wirkungsgrad .....	5
1.1.4 Energiewandlungskette .....	6
1.1.5 Energieversorgungssysteme .....	7
1.2 Physikalische Grundlagen und Maßeinheiten .....	9
1.2.1 Energie .....	9
1.2.2 Leistung .....	10
1.2.3 Maßeinheiten .....	13
1.2.4 Formeln zur Energieberechnung .....	15
<b>2 Entwicklung des Energieverbrauchs</b> .....	23
2.1 Von der Muskelkraft zum Kernkraftwerk .....	23
2.2 Energieverbrauch .....	25
2.2.1 Wachstumsfunktionen .....	25
2.2.2 Weltweiter Primärenergieverbrauch .....	26
2.2.3 Energieverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland .....	28
2.2.4 Ausblick .....	31
<b>3 Thermodynamik</b> .....	39
3.1 Thermodynamische Grundbegriffe .....	39
3.1.2 Zustandsgrößen .....	40
3.1.3 Zustandsänderungen und Prozesse .....	43
3.2 Gasgesetze .....	45
3.2.1 Gesetz von Boyle-Mariotte ( $T = \text{konstant}$ ) .....	45
3.2.2 Gesetz von Gay-Lussac ( $p = \text{konstant}$ ) .....	46
3.2.3 Gesetz von Amontons ( $V = \text{konstant}$ ) .....	47
3.2.4 Zustandsgleichung für ideale Gase .....	47
3.2.5 Die universelle Gasgleichung .....	52
3.3 Arbeit, Wärme und innere Energie .....	55
3.3.1 Isobarer Prozess (konstanter Druck) .....	55
3.3.2 Isochorer Prozess (konstantes Volumen) .....	59
3.3.3 Berechnung der Arbeit eines beliebigen Prozesses .....	61
3.3.4 Isothermer Prozess (konstante Temperatur) .....	62
3.3.5 Adiabater Prozess .....	66
3.3.6 Zusammenfassung .....	67
3.4 Hauptsätze der Thermodynamik .....	73
3.4.1 Der 1. Hauptsatz der Thermodynamik .....	73
3.4.2 Der 2. Hauptsatz der Thermodynamik .....	75
3.4.2.1 Reversible und irreversible Prozesse .....	76
3.4.2.2 Der 2. Hauptsatz .....	77
3.4.2.3 Exergie und Anergie .....	78

3.5	Kreisprozesse .....	81
3.5.1	Rechtsgängige Kreisprozesse .....	83
3.5.2	Linksgängige Kreisprozesse .....	84
3.5.3	Carnot'scher Kreisprozess .....	85
<b>4</b>	<b>Energiewandler .....</b>	<b>93</b>
4.1	Verbrennungsmotoren .....	93
4.1.1	Der Ottomotor .....	94
4.1.2	Der Dieselmotor .....	98
4.1.3	Gegenüberstellung: Ottomotor – Dieselmotor .....	99
4.1.4	Weiterentwicklungen bei Verbrennungsmotoren .....	100
4.1.4.1	Leistungssteigerung .....	100
4.1.4.2	Wirkungsgraderhöhung .....	102
4.1.4.3	Mechanische Probleme .....	103
4.1.4.4	Kraftstoffe .....	104
4.1.4.5	Ausblick .....	104
4.2	Der Stirlingmotor .....	104
4.3	Die Wärmepumpe .....	109
4.4	Großtechnische Energiewandler .....	114
4.4.1	Die Bedeutung der elektrischen Energie .....	114
4.4.2	Kohlekraftwerke .....	118
4.4.3	Kernenergie .....	122
4.4.3.1	Physikalische Grundlagen .....	123
4.4.3.2	Kernspaltung .....	131
4.4.3.3	Kernfusion .....	149
<b>5</b>	<b>Energie und Umwelt .....</b>	<b>157</b>
5.1	Überblick .....	157
5.2	Luftschadstoffe .....	158
5.2.1	Die Emittenten der Luftschadstoffe .....	160
5.2.2	Maßnahmen zur Luftreinhaltung .....	161
5.2.2.1	Rauchgasentschwefelung .....	161
5.2.2.2	Abgaskatalysatoren .....	163
5.3	Der Treibhauseffekt .....	166
5.3.1	Der natürliche Treibhauseffekt .....	167
5.3.2	Der anthropogene Treibhauseffekt .....	168
5.4	Radioaktivität .....	174
5.4.1	Natürliche und künstliche Radioaktivität .....	175
5.4.2	Maße für die radioaktive Strahlung .....	175
5.4.3	Wirkungen radioaktiver Strahlung .....	177
5.5	Bilanzierung von Energiewandlungssystemen .....	179
5.5.1	Ganzheitliche Bilanzierung .....	180
5.5.2	Sachbilanz .....	181
5.5.3	Wirkungsanalyse .....	181
5.5.4	Ökologische Bewertung .....	182

<b>6 Erneuerbare Energien</b> .....	184
6.1 Übersicht .....	185
6.2 Nutzung der Sonnenenergie .....	186
6.2.1 Thermische Nutzung der Sonnenenergie .....	189
6.2.2 Photovoltaische Nutzung der Sonnenenergie .....	193
6.2.3 Wüstenstrom aus der Sahara für Europa .....	199
6.2.4 Solar-Wasserstoff-Technik .....	199
6.3 Windkraft .....	202
6.4 Biomasse .....	207
6.5 Wasserkraft .....	210
6.6 Sonstige .....	213
6.6.1 Umgebungswärme .....	213
6.6.2 Geothermie .....	214
6.6.3 Müllverbrennung .....	216
6.7 Ausblick .....	216
<b>7 Energieeffizienz</b> .....	222
7.1 Kraft-Wärme-Kopplung .....	223
7.2 Einsparen von Heizenergie .....	226
7.3 Energieeinsparungen im Verkehrssektor .....	231
7.4 Verändertes Verbraucherverhalten .....	236
<b>8 Schlussbemerkung</b> .....	238
<b>Anhang A</b> .....	241
Formelsammlung zur Thermodynamik .....	241
<b>Anhang B</b> .....	242
Maßeinheiten und Umrechnungstabellen .....	242
<b>Anhang C</b> .....	243
Energieflussdiagramm Deutschlands .....	243
<b>Stichwortverzeichnis</b> .....	244