

Reinhard Schuberth

Technologie

E N E R G I E

Grundlagen, Thermodynamik, Energietechnik, Umwelt,
erneuerbare Energien, Energieeffizienz

4., völlig überarbeitete und erweiterte Auflage

HANDWERK UND TECHNIK – HAMBURG

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung	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
2 Entwicklung des Energieverbrauchs	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
3 Thermodynamik	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 ($T = \textit{konstant}$)	45
3.2.2 Gesetz von Gay-Lussac ($p = \textit{konstant}$)	46
3.2.3 Gesetz von Amontons ($V = \textit{konstant}$)	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
4	Energiewandler	93
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
5	Energie und Umwelt	157
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

6 Erneuerbare Energien	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
7 Energieeffizienz	222
7.1 Kraft-Wärme-Kopplung	223
7.2 Einsparen von Heizenergie	226
7.3 Energieeinsparungen im Verkehrssektor	231
7.4 Verändertes Verbraucherverhalten	236
8 Schlussbemerkung	238
Anhang A	241
Formelsammlung zur Thermodynamik	241
Anhang B	242
Maßeinheiten und Umrechnungstabellen	242
Anhang C	243
Energieflussdiagramm Deutschlands	243
Stichwortverzeichnis	244