

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
I. <u>Vom Wesen der Energie</u>	1
I.1. Auf dem Weg zu einem immer tieferen Verständnis des Energiebegriffes	5
I.1.1. Die mechanische Energie	5
I.1.2. Die Wärmekraftmaschinen und das Verständnis der Wärme	7
I.1.3. Das mechanische Wärmeäquivalent	10
I.1.4. Der Satz von der Erhaltung der Energie	11
I.1.5. Die Äquivalenz von Masse und Energie	16
I.1.6. Die Wertigkeit der Energie: Der zweite Hauptsatz der Wärmelehre und die Entropie	17
I.2. Mechanische Arbeit; die verschiedenen Energieformen; Wärmeströmung als Form des Energieaustausches	19
I.2.1. Mechanische Arbeit	19
I.2.2. Beispiele für die Übertragung mechanischer Energie	19
I.2.3. Energieform Wärme; weitere Energieformen	25
II. <u>Thermodynamische Grundlagen der Energietechnik</u>	30
II.1. Erster Hauptsatz der Thermodynamik für geschlossene und offene Systeme	30
II.2. Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik; Reversibilität und Irreversibilität; Entropie	49
II.2.1. Der zweite Hauptsatz	49
II.2.2. Reversibilität und Irreversibilität	52
II.2.3. Die Entropie	55
II.2.4. Anwendungen des zweiten Hauptsatzes; Erzeugung von Entropie	62
II.2.4.1. Temperaturausgleich	62

	Seite
II.2.4.2. Gay-Lussacscher Drosselversuch	63
II.2.4.3. Der Carnotsche Wirkungsgrad $\eta_c$ als Maximalgröße	64
II.3. Die Exergie als Mittel zur Bewertung thermodynamischer Prozesse	67
II.3.1. Energetische und thermodynamische Bewertung von Energieumsetzungen	67
II.3.2. Exergie und verfügbare Arbeit	68
II.3.3. Beispiele zur Bestimmung der Exergie; Folgerungen	73
II.3.3.1. Exergie eines elektrisch geheizten Durchlauferhitzers	73
II.3.3.2. Raumheizung durch elektrische Widerstandsheizung oder eine Carnotsche Wärmepumpe	74
II.3.3.3. Dampfkraftwerk, Verbrennungsprozeß, "energy cascading"	76
II.4. Wärmepumpe, Wärmetransformator	81
II.4.1. Kompressionswärmepumpe	81
II.4.2. Absorptionswärmepumpe, Wärmetransformator	86
II.4.3. Einsatz neuer Mehrstoff-Systeme	91
II.4.4. Wärmequellen	92
II.5. Versuche zur Bereitstellung mechanischer Energie mit Hilfe von Niedertemperaturwärme; Energieerntefaktor	94
II.5.1. Bereitstellung von mechanischer Energie mit Hilfe von Niedertemperaturwärme	94
II.5.1.1. Stirling-Motor für sehr kleine Temperaturdifferenzen	94
II.5.1.2. Der Curie-Motor	96
II.5.2. Der Energieerntefaktor	99
II.6. Grundlagen der Wärmeleitung; bauphysikalische Anwendungen	103
III. <u>Grundlagen zur Nutzung der Windenergie</u>	109
III.1. Primärenergieform Wind	109
III.1.1. Allgemeine Grundlagen	110
III.1.2. Strömungsmechanische Grundlagen	113

III.1.2.1. Beschreibung von Orts- und Zeitverhalten eines Fluids	113
III.1.2.2. Stromlinie, Stromröhre, Stromfaden	114
III.1.2.3. Kontinuitätsgleichung, Eulersche und Bernoullische Gleichung	116
III.2. Energieumsetzungen an Windrädern	124
III.2.1. Einfache Theorie des Windrades	124
III.2.2. Analyse der Vorgänge am Windradflügel; Schnell- und Langsamläufer	127
III.3. Windenergieanlagen	132
IV. <u>Strahlungsenergie der Sonne</u>	138
IV.1. Verfügbare Strahlungsenergie	139
IV.1.1. Die Solarkonstante; astronomische Berechnungsgrundlagen	139
IV.1.2. Einfluß der Atmosphäre auf die Sonneneinstrahlung	149
IV.1.2.1. Die relative optische Dicke der Atmosphäre	150
IV.1.2.2. Streu- und Absorptionsprozesse in der Atmosphäre	153
IV.2. Festkörperphysikalische Grundlagen für thermische und photovoltaische Nutzung der Strahlungsenergie der Sonne	163
IV.2.1. Beschreibung der Wechselwirkung von Strahlungsfeld und Materie mit Hilfe der frequenzabhängigen Dielektrizitätskonstante	163
IV.2.2. Die Quantennatur des Festkörpers	172
IV.2.3. Optische Absorptionsprozesse in Festkörpern	178
IV.2.3.1. Übersicht	178
IV.2.3.2. Joulesche Wärme, Absorption durch freie Ladungsträger	179
IV.2.3.3. Interbandabsorption. Direkte und indirekte Übergänge	185
IV.2.3.4. Gitterabsorption	190
IV.2.3.5. Emission von Wärmestrahlung	192
IV.2.3.6. Optische Selektivität	194

IV.3.	Photothermische Energieumwandlung	198
IV.3.1.	Flachkollektoren	198
IV.3.2.	Konzentrierende Kollektoren	210
IV.3.2.1.	Fokussierende Systeme	212
IV.3.2.2.	Elemente parabolischer zylindrischer Konzentratoren	216
IV.3.2.3.	Nichtabbildende konzentrierende Systeme	220
IV.3.2.4.	Nachführung von Kollektoren	224
IV.4.	Photovoltaische Energieumwandlung	226
IV.4.1.	Solarzellen	226
IV.4.1.1.	Der p-n-Übergang im Gleichgewicht	227
IV.4.1.2.	Der bestrahlte p-n-Übergang; die Photospaltung	231
IV.4.1.3.	Photostrom und Wirkungsgrad einer Photozelle	234
IV.5.	Solaranlagen: Stand und Entwicklungstendenzen	240
IV.5.1.	Anlagen zur Bereitstellung von Niedertemperaturwärme	240
IV.5.2.	Anlagen zur Bereitstellung von Prozeßwärme bzw. elektrischer Energie	241
IV.5.2.1.	Kraftwerk nach dem Farmkonzept in Almeria, Spanien	241
IV.5.2.2.	Kraftwerk nach dem Turmkonzept in Almeria, Spanien	243
IV.5.2.3.	Solar One: US-Demonstrationskraftwerk in Barstow, Kalifornien	244
IV.5.2.4.	Entwicklungstendenzen bei solarthermischen Anlagen	244
IV.5.3.	Anlagen zur Bereitstellung elektrischer Energie mit Hilfe photovoltaischer Energieumwandlung	245
V.	<u>Energie aus dem Atomkern</u>	248
V.1.	Einführung	248
V.2.	Kernphysikalische Grundlagen	251
V.2.1.	Bindungsenergie des Atomkerns; Energiebilanz bei Spaltung und Fusion	251
V.2.2.	Kernphysik thermischer und schneller Reaktoren; Konversion und Brüten	254

V.3.	Energieabfuhr aus dem Reaktorkern; verschiedene Arten der Kernkühlung	265
V.4.	Elemente der Reaktorregelung	271
V.5.	Sicherheitsfragen; Risikoüberlegungen	275
V.6.	Der Kernbrennstoffkreislauf	288
V.7.	Wege zur Fusionsenergie	298
V.7.1.	Mittlerer Energiegewinn aus Fusionsreaktionen	298
V.7.2.	Zündtemperatur, Zündkriterium und Lawson-Kriterium	303
V.7.3.	Magnetischer Einschluß des Plasmas	309
V.7.4.	Träigkeitseinschluß des Plasmas	316
V.7.5.	Zur Technologie zukünftiger Fusionsreaktoren	322
V.7.6.	Synergetische Systeme zur Nutzung der Kernenergie	326
VI.	<u>Zusammenfassung</u>	330
VII.	<u>Anhang</u>	336
	Literatur	337
	Sachverzeichnis	351