

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung	1
1.1 Die gegenwärtige Situation der globalen Energieversorgung	1
1.2 Anthropogene Auswirkungen auf Klima und Umwelt	9
1.3 Energieformen und Energieumwandlungen	22
1.4 Erneuerbare Energiequellen	27
Literatur	29
2 Grundlagen zur Bewertung von Energiesystemen	31
2.1 Einleitung	31
2.2 Mengenmäßige Verfügbarkeit der Primärenergie	32
2.3 Technische Bewertungskriterien	34
2.3.1 Anlagenleistung	34
2.3.2 Technische Verfügbarkeit	35
2.3.3 Betriebsstundenzahl	36
2.3.4 Volllaststundenzahl	36
2.3.5 Technische Lebensdauer	37
2.4 Energetische Bewertungskriterien	37
2.4.1 Wirkungsgrad	37
2.4.2 Nutzungsgrad	38
2.4.3 Energieerntefaktor	38
2.4.4 Globalwirkungsgrad	45
2.5 Ökonomische Bewertungskriterien	47
2.5.1 Energierückzahlzeit	47
2.5.2 Gesamtkosten der Nutzungstechnik	48
2.6 Ökologische Bewertungskriterien	53
2.7 Potenziale und Entwicklungsperspektiven	57
Literatur	60

3	Nutzung der Solarstrahlung	61
3.1	Die Sonne als Energiequelle	61
3.2	Solarstrahlung auf der Erde	64
3.2.1	Berechnung des Sonnenstandes	69
3.2.2	Berechnung des Sonneneinfallswinkels	72
3.2.3	Einstrahlung auf eine geneigte Ebene	73
3.2.4	Vorgehensweise zur Ermittlung der Einstrahlung auf eine geneigte Ebene	74
3.3	Passive Sonnenenergienutzung	74
3.4	Solarthermie	80
3.4.1	Physikalische Grundlagen	81
3.4.2	Elemente solarthermischer Anlagen	84
3.4.3	Anlagenkonzepte	92
3.4.4	Berechnung von solarthermischen Anlagen	98
3.5	Solarthermische Kraftwerke	101
3.5.1	Parabolrinnen-Kraftwerke	102
3.5.2	Fresnel-Kraftwerke	114
3.5.3	Solarturm-Kraftwerke	122
3.5.4	Paraboloid-Kraftwerke (Dish-Stirling-Kraftwerke)	137
3.5.5	Aufwind-Kraftwerke	142
	Literatur	146
4	Nutzung der Windenergie	151
4.1	Entstehung der Luftströmung	151
4.2	Charakteristik der Windströmung	152
4.3	Leistungsbeiwert	162
4.4	Widerstands- und Auftriebsprinzip	166
4.4.1	Widerstandsprinzip	167
4.4.2	Auftriebsprinzip	169
4.5	Bauformen von Windkraftanlagen	177
4.5.1	Windkraftanlagen mit vertikaler Drehachse	177
4.5.2	Windkraftanlagen mit horizontaler Drehachse	179
4.5.3	Geschwindigkeitsbereiche und Leistungsregelung von Windkraftanlagen	181
4.5.4	Offshore-Windkraftanlagen	184
	Literatur	185
5	Brennstoffzellen	187
5.1	Einleitung	187
5.1.1	Was ist eine Brennstoffzelle?	187
5.1.2	Die Wasserstoff-Brennstoffzelle	188
5.1.3	Vorteile von Brennstoffzellen	189

5.1.4	Nachteile von Brennstoffzellen	190
5.1.5	Bauarten von Brennstoffzellen	192
5.1.6	Funktionsweise einer Brennstoffzelle	194
5.1.7	Leistung von Brennstoffzellen	196
5.2	Thermodynamik der Brennstoffzelle	197
5.2.1	Thermodynamische Grundlagen	197
5.2.2	Energetische Bewertung von Brennstoffzellen	201
5.2.3	Reversible Spannung der Brennstoffzelle	204
5.2.4	Ideale und reale Brennstoffzelle	209
5.3	Betriebsverhalten von Brennstoffzellen	215
5.3.1	Einleitung	215
5.3.2	Gründe für den Spannungsabfall in realen Brennstoffzellen	217
5.3.3	Aktivierungsverluste	218
5.3.4	Brennstoff-Übertritt und interner Strom	222
5.3.5	Ohmsche Verluste	224
5.3.6	Massentransport- oder Konzentrationsverluste	224
5.3.7	Mathematische Darstellung aller Verluste	226
5.4	Bauarten von Brennstoffzellen	227
5.4.1	Niedertemperatur-Brennstoffzellen	228
5.4.2	Mitteltemperatur – Brennstoffzellen	230
5.4.3	Hochtemperatur – Brennstoffzellen	231
5.4.4	Brennstoffzellensysteme im Überblick	235
5.5	Anwendungen der Brennstoffzelle	235
5.5.1	Mobiler Einsatz	235
5.5.2	Portabler Einsatz	242
5.5.3	Stationärer Einsatz	242
	Literatur	245
6	Wasserstoffherstellung und -speicherung	247
6.1	Einleitung	247
6.2	Thermochemische Verfahren zur Wasserstoffherstellung aus Kohlenwasserstoffen	247
6.2.1	Dampfreformierung	248
6.2.2	Partielle Oxidation	249
6.2.3	Autotherme Reformierung	249
6.2.4	Thermisches Cracken (Pyrolyse)	250
6.2.5	Kværner-Verfahren	250
6.3	Wasserstoffherstellung durch Elektrolyse	251
6.3.1	Chloralkali-Elektrolyse	251
6.3.2	Elektrolyse wässriger Lösungen	252

6.4	Biologische Verfahren zur Wasserstoffherstellung	255
6.4.1	Photolyse	255
6.4.2	Fermentation	255
6.5	Speicherung und Transport von Wasserstoff	256
6.5.1	Druckspeicher	256
6.5.2	Kryogene Speicher	256
6.5.3	Metallhydridspeicher	256
6.5.4	Adsorptionsspeicher	257
	Literatur	257
A	Anhang	259
	Sachwortverzeichnis	263