

Inhalt

Formelzeichen	11
1 Einführung	21
1.1 Gegenwärtige Situation der globalen Energieversorgung	21
1.2 Anthropogene Auswirkungen auf Klima und Umwelt	29
1.3 Energieformen und Energieumwandlungen	41
1.4 Erneuerbare Energiequellen	44
2 Grundlagen zur Bewertung von Energiesystemen	49
2.1 Einleitung	49
2.2 Mengenmäßige Verfügbarkeit der Primärenergie	50
2.3 Technische Bewertungskriterien	52
2.3.1 Anlagenleistung	52
2.3.2 Technische Verfügbarkeit	53
2.3.3 Betriebsstundenzahl	53
2.3.4 Volllaststundenzahl	53
2.3.5 Technische Lebensdauer	54
2.4 Technische Bewertungskriterien	55
2.4.1 Wirkungsgrad	55
2.4.2 Nutzungsgrad	55
2.4.3 Energieerntefaktor	56
2.4.4 Globalwirkungsgrad	62
2.5 Ökonomische Bewertungskriterien	64
2.5.1 Energierückzahlzeit	64
2.5.2 Gesamtkosten der Nutzungstechnik	65

2.6 Ökologische Bewertungskriterien	68
2.7 Potenziale und Entwicklungsperspektiven	73
3 Nutzung der Solarstrahlung	77
3.1 Die Sonne als Energiequelle	77
3.2 Solarstrahlung auf der Erde	81
3.2.1 Berechnung des Sonnenstandes	86
3.2.2 Berechnung des Sonneneinfallswinkels	88
3.2.3 Einstrahlung auf eine geneigte Ebene	89
3.2.4 Vorgehensweise zur Ermittlung der Einstrahlung auf eine geneigte Ebene	90
3.3 Passive Sonnenenergienutzung	90
3.4 Solarthermie	95
3.4.1 Physikalische Grundlagen	96
3.4.2 Elemente solarthermischer Anlagen	100
3.4.3 Anlagenkonzepte	107
3.4.4 Berechnung von solarthermischen Anlagen	114
3.5 Solarthermische Kraftwerke	117
3.5.1 Parabolrinnen-Kraftwerke	117
3.5.2 Fresnel-Kraftwerke	129
3.5.3 Solarturm-Kraftwerke	136
3.5.4 Paraboloid-Kraftwerke (Dish-Stirling-Kraftwerke)	151
3.5.5 Aufwind-Kraftwerke	155
4 Nutzung der Windenergie	165
4.1 Entstehung der Luftströmung	165
4.2 Charakteristik der Windströmung	166
4.3 Leistungsbeiwert	175

4.4 Widerstands- und Auftriebsprinzip	179
4.4.1 Widerstandsprinzip	179
4.4.2 Auftriebsprinzip	181
4.5 Bauformen von Windkraftanlagen	188
4.5.1 Windkraftanlagen mit vertikaler Drehachse	189
4.5.2 Windkraftanlagen mit horizontaler Drehachse	190
4.5.3 Geschwindigkeitsbereiche und Leistungsregelung von Windkraftanlagen	192
4.5.4 Offshore-Windkraftanlagen	194
5 Brennstoffzellen	197
5.1 Einleitung	197
5.1.1 Was ist eine Brennstoffzelle?	197
5.1.2 Die Wasserstoff-Brennstoffzelle	198
5.1.3 Vorteile von Brennstoffzellen	199
5.1.4 Nachteile von Brennstoffzellen	200
5.1.5 Bauarten von Brennstoffzellen	202
5.1.6 Funktionsweise einer Brennstoffzelle	203
5.1.7 Leistung von Brennstoffzellen	205
5.2 Thermodynamik der Brennstoffzelle	206
5.2.1 Thermodynamische Grundlagen	206
5.2.2 Energetische Bewertung von Brennstoffzellen	210
5.2.3 Reversible Spannung der Brennstoffzelle	212
5.2.4 Ideale und reale Brennstoffzelle	216
5.3 Betriebsverhalten von Brennstoffzellen	222
5.3.1 Einleitung	222
5.3.2 Gründe für den Spannungsabfall in realen Brennstoffzellen	224
5.3.3 Aktivierungsverluste	225

5.3.4 Brennstoff-Übertritt und interner Strom	229
5.3.5 Ohmsche Verluste	231
5.3.6 Massentransport- oder Konzentrationsverluste	231
5.3.7 Mathematische Darstellung aller Verluste	232
5.4 Bauarten von Brennstoffzellen	234
5.4.1 Niedertemperatur-Brennstoffzellen	234
5.4.2 Mitteltemperatur-Brennstoffzellen	237
5.4.3 Hochtemperatur-Brennstoffzellen	238
5.4.4 Brennstoffzellensysteme im Überblick	242
5.5 Anwendungen der Brennstoffzelle	242
5.5.1 Mobiler Einsatz	243
5.5.2 Portabler Einsatz	247
5.5.3 Stationärer Einsatz	248
Anhang	251
A1 Einheiten der Energie, ihre Umrechnungen, Zehnerpotenzen und Vorsätze	251
A2 Gegenüberstellung konventioneller und regenerativer Stromerzeugungs- technologien in Deutschland	252
A3 Molare Bildungsenthalpie, absolute Entropie und freie Enthalpie verschiedener Stoffe im chemischen Standardzustand (25 °C, 100 kPa)	253
Sachwortverzeichnis	255