

# Inhalt

Formelzeichen.....	10
<b>1 Energieversorgungssysteme</b>	<b>15</b>
1.1 Einleitung.....	15
1.2 Energieaufkommen und -umwandlungen.....	18
1.2.1 Primärenergieträger und Primärenergieströme.....	18
1.2.2 Energieflussbild.....	20
1.3 Struktur und Entwicklung des Energieverbrauches.....	23
1.3.1 Entwicklung des Weltenergieverbrauches.....	23
1.3.2 Stromnutzung.....	28
1.3.3 Perspektiven der Energieversorgung.....	32
1.4 Beiträge von erneuerbaren Energien.....	39
1.4.1 Derzeitiger Entwicklungsstand.....	39
1.4.2 Beiträge der Photovoltaik zur Stromversorgung.....	43
<b>2 Solarstrahlung</b>	<b>47</b>
2.1 Strahlungsquelle Sonne.....	47
2.2 Modulation der Solarstrahlung durch die Erdbewegungen.....	50
2.2.1 Einstrahlung auf nachgeführte Empfängerflächen.....	51
2.2.2 Einstrahlung auf fest orientierte Flächen.....	54
2.3 Terrestrische Solarstrahlung.....	56
2.3.1 Wechselwirkung der Solarstrahlung mit der Atmosphäre.....	56
2.3.2 Terrestrische Globalstrahlung.....	59
2.4 Energiemeteorologie.....	63
2.4.1 Kenngrößen.....	63
2.4.2 Komponenten der terrestrischen Strahlung.....	63
2.4.3 Energiewirtschaftliche Kenngrößen der Solarstrahlung.....	71
2.4.4 Einstrahlungstatistik im Winter.....	74
2.4.5 Synthetische Strahlungsdaten.....	78
<b>3 Solarzellen und Module</b>	<b>81</b>
3.1 Der photovoltaische Effekt.....	81

3.2	Solarzellen.....	88
3.2.1	Wirkungsgrad von Solarzellen.....	88
3.2.2	Mono- und polykristalline Silizium-Solarzellen.....	91
3.2.3	Amorphe Silizium-Solarzellen.....	98
3.2.4	Weitere Solarzellen.....	101
3.2.5	Erreichte Parameter von Solarzellen.....	102
3.3	Photovoltaik-Module.....	103
3.3.1	Aufbau von kristallinen Silizium-Modulen.....	103
3.3.2	Modulkennlinien und Wirkungsgrad.....	105
3.3.3	Verschaltung von Modulen und mismatch-Verluste.....	111
3.3.4	Modul-Produktion und Entsorgung.....	112
<b>4</b>	<b>Photovoltaische Inselsysteme</b>	<b>114</b>
4.1	Einleitung.....	114
4.2	Energiespeicher.....	116
4.2.1	Anforderungen an Speicher in PV-Anlagen.....	116
4.2.2	Elektrochemische Energiespeicher.....	119
4.2.3	Eigenschaften und Parameter von Batterien.....	122
4.2.4	Laderegler.....	128
4.3	Auslegung von PV-Anlagen in Inselsystemen.....	131
4.3.1	Definitionen und Methoden.....	131
4.3.2	Auslegung von Anlagen im ganzjährigen Dauerbetrieb.....	134
4.3.3	Auslegung auf Basis meteorologischer Zeitreihen.....	137
4.3.4	Ergebnisse von Simulationsrechnungen.....	140
4.4	Betriebsergebnisse.....	143
4.4.1	Inselsysteme mit zeitlich konstantem Energiebedarf.....	143
4.4.2	Hybridanlagen.....	147
4.4.3	Solare Haushalt-Systeme.....	148
4.4.4	Photovoltaische Pumpsysteme.....	149
4.4.5	Solarautos und Solarflugzeuge.....	152
<b>5</b>	<b>Netzgekoppelte Photovoltaik-Anlagen</b>	<b>156</b>
5.1	Einleitung.....	156
5.2	Aufbau und Auslegung von netzgekoppelten PV-Anlagen.....	157
5.2.1	Aufbau einer netzgekoppelten PV-Anlage.....	157
5.2.2	PV-Generator.....	158
5.2.3	PV-Wechselrichter (Netzkoppeleinheit).....	161
5.2.4	Auslegung einer netzgekoppelten PV-Anlage.....	166
5.3	Stromerzeugung durch netzgekoppelte PV-Anlagen.....	169
5.3.1	Kenngrößen.....	169
5.3.2	Generatormennleistung.....	171

<b>Inhalt</b>	<b>9</b>
5.3.3 Betriebsergebnisse kleiner Anlagen.....	175
5.3.4 Weitere Ergebnisse.....	182
5.4 Wirtschaftlichkeit und architektonische Aspekte.....	184
5.4.1 Stromgestehungskosten netzgekoppelter PV-Anlagen.....	184
5.4.2 Strombilanzen für private Haushalte (Tarifkunden).....	186
5.4.3 Architektonische und bautechnische Aspekte.....	191
<b>Quellenverzeichnis.....</b>	<b>194</b>
<b>Literatur.....</b>	<b>196</b>
<b>Sachwortverzeichnis.....</b>	<b>197</b>