

# Inhalt

<b>Zusammenfassende Einleitung</b> . . . . .	11
<b>1. Die Sonne</b> . . . . .	13
1.1 Die Sonnenstrahlung und ihre Ursache . . . . .	13
1.2 Auf der Spur der Sonnenenergie . . . . .	15
1.3 Physik des Sonneninneren . . . . .	18
1.4 Die Entwicklung der Sonne . . . . .	25
<b>2 Die Erdbevölkerung und das Weltenergieproblem</b> . . . . .	27
2.1 Problemstellung . . . . .	27
2.2 Die Erdbevölkerung . . . . .	27
2.3 Das Weltenergieproblem . . . . .	32
2.4 Die Energievorräte . . . . .	33
2.5 Direkte Nutzung der Sonnenstrahlung . . . . .	38
2.5.1 Die Photosynthese . . . . .	38
2.5.2 Der Thermo-Solar-Empfänger . . . . .	38
2.5.3 Die Photovoltaik . . . . .	38
<b>3 Halbleiterphysik</b> . . . . .	40
3.1 Halbleiterstoffe . . . . .	40
3.2 Das Bändermodell . . . . .	43
3.3 Das Fermi-Elektronengas und die Fermi-Verteilung . . . . .	49
3.4 Leitung von Elektronen und Löchern im Halbleiter . . . . .	52
3.5 Die Ladungsträgerdichte und die Lage der Fermikante . . . . .	53
3.6 Die Dotierung . . . . .	56
3.6.1 Donatoren und der n-Halbleiter . . . . .	58
3.6.2 Akzeptoren und der p-Halbleiter . . . . .	58
3.7 Die Dichten von Donatoren und Akzeptoren . . . . .	61
3.8 Der p-n-Übergang. Die Halbleiter-Diode . . . . .	62
3.8.1 Thermisches Gleichgewicht . . . . .	62
3.8.2 Eigenschaften der Halbleiter-Diode . . . . .	63
3.8.2.1 Das elektrostatische Potential . . . . .	63
3.8.3 Relaxationszeit und Diffusionslänge von Raumladungen . . . . .	67
3.9 Der belastete p-n-Übergang. Die Strom-Spannungskennlinie . . . . .	68

## Inhalt

3.9.1	Sperr-Fall $U < 0$ . . . . .	70
3.9.2	Durchlaß-Fall $U > 0$ . . . . .	70
3.9.3	Die Strom-Spannungskennlinie. . . . .	71
3.10	Der Photoeffekt im p-n-Übergang . . . . .	74
3.11	Der Wirkungsgrad des Photoeffekts im p-n-Übergang . . . . .	77
<b>4</b>	<b>Die Solarzelle</b> . . . . .	<b>78</b>
4.1	Der photovoltaische Effekt in der Solarzelle . . . . .	78
4.2	Die Betriebsparameter der beleuchteten Solarzelle . . . . .	80
4.2.1	Maximal verfügbare Betriebsleistung . . . . .	80
4.2.2	Der Füllfaktor. . . . .	83
4.3	Der Wirkungsgrad . . . . .	83
4.3.1	Spektrale Abhängigkeit des Wirkungsgrades . . . . .	84
4.3.2	Erhöhung des Wirkungsgrades . . . . .	86
4.4	Die Technik der Fertigung von Silizium-Solarzellen . . . . .	88
4.5	Fortschritte in der Solarzellenforschung. . . . .	90
4.5.1	Silizium-Kristalle aus dem Bandzieh-Verfahren . . . . .	90
4.5.2	Die Dünnschicht-Solarzellen . . . . .	92
4.5.2.1	Die amorphe Si-Solarzelle . . . . .	93
4.5.2.2	Die $\text{Cu}_2\text{S-CdS}$ -Zelle . . . . .	93
4.5.2.3	Die GaAs-Zelle . . . . .	95
4.5.2.4	Die CdSe-Solarzelle . . . . .	96
4.6	Anwendungsbereiche . . . . .	96
<b>5</b>	<b>Der photovoltaische Solargenerator</b> . . . . .	<b>98</b>
5.1	Die Schaltung von Solarzellen zum Solarmodul . . . . .	98
5.2	Der Stromrichter. . . . .	98
5.3	Die atmosphärische Extinktion der Strahlung . . . . .	101
5.4	Der Konzentrator . . . . .	104
5.5	Die Speicherung der gewonnenen elektrischen Energie . . . . .	107
5.5.1	Der Bleiakкумулятор . . . . .	107
5.5.2	Die Wasserelektrolyse und die Speicherung der Energie im Wasserstoff. . . . .	109
5.5.2.1	Die Wasserelektrolyse . . . . .	109
5.5.2.2	Die Wasserstoff-Sauerstoff-Brennstoffzelle . . . . .	111
5.5.2.3	Wasserstoff als Energiespeicher. Die Wasserstofftechnologie . . . . .	112
5.6	Photovoltaische Solargeneratoren in der Forschung und Erprobungsphase. . . . .	113
5.6.1	Ein Labormodell . . . . .	113
5.6.2	Solargeneratoren in der Erprobungsphase. . . . .	115

<b>6 Erschließung der Sonnenenergie für den privaten Haushalt und die Zukunftsarchitektur</b> . . . . .	119
6.1 Die photovoltaische Anlage für den privaten Haushalt. . . . .	119
6.2 Das Haus des Jahres 2000 und die Zukunftsarchitektur. . . . .	119
6.3 Das Zukunftshaus in den Tropen . . . . .	126
<b>7 Photovoltaik und solare Wasserstoffanlage: die zukünftige Energiequelle der Menschheit</b> . . . . .	128
7.1 Einleitung . . . . .	128
7.2 Ablösung der fossilen Brennstoffe durch unerschöpfliche Energiequellen . . . . .	128
7.2.1 Die Kernenergie . . . . .	130
7.2.1.1 Die Kernspaltung. . . . .	130
7.2.1.2 Die Kernverschmelzung oder Kernfusion . . . . .	132
7.2.1.3 Wirtschaftliche Betrachtung der Kernenergie. . . . .	134
7.2.2 Die Sonnenstrahlungsenergie . . . . .	135
7.2.2.1 Die Photosynthese. . . . .	137
7.2.2.2 Der Thermo-Solar-Empfänger . . . . .	138
7.2.2.3 Die Photovoltaik . . . . .	140
7.3 Die Photovoltaik und die solare Wasserstoffanlage. . . . .	143
7.3.1 Die Wasserstoffanlage . . . . .	145
7.3.2 Vorteile der photovoltaischen solaren Wasserstoff- plantagenwirtschaft . . . . .	150
7.3.2.1 Wasserstoffwirtschaft und Ökologie . . . . .	150
7.3.2.2 Sozio-Politische Folgerungen . . . . .	155
<b>Anhang</b> . . . . .	157
A. 1 Wichtige physikalische Konstanten . . . . .	157
A. 2 Energie und Leistung. Umwandlungsformeln und Maßeinheiten . . . . .	158
A. 3 Energie- und Leistungsumwandlungsfaktoren . . . . .	159
A. 4 Bildquellennachweis. . . . .	160
<b>Autorenverzeichnis</b> . . . . .	161
<b>Literaturverzeichnis</b> . . . . .	163
<b>Sachverzeichnis</b> . . . . .	167