
Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Theoretische Grundlagen	3
1.1.1	P-Ebene: Die Aussagen der Thermodynamik	3
2	Der Energiebegriff	7
2.1	Die Energie und die Energieformen	7
2.1.1	P-Ebene: Die Definition von Messgrößen	8
2.2	Die Umwandlung der Energieformen	11
2.2.1	P-Ebene: Die Exergie als wandelbarer Teil der Energie	15
2.3	Die Wirkungsgrade der Energiewandlung	21
2.3.1	P-Ebene: Der maximale Wirkungsgrad	25
2.4	Der Nutzungsgrad und der Versorgungsgrad	33
2.4.1	P-Ebene: Nutzungsgrad und Versorgungsgrad	37
2.5	Fragen zur Energieversorgung	41
3	Der Bedarf an Primärenergie	43
3.1	Empirische Daten	43
3.1.1	P-Ebene: Korrelation zwischen Bruttoinlandprodukt und Primärenergiebedarf	50
3.2	Die ve- und we-Länder	53
3.3	Bedarfssektoren für Endenergie	55
3.4	Die Energieprognosen	57
3.4.1	P-Ebene: Die Grundlagen von Prognosen	58
4	Das Wachstum und seine Grenzen	61
4.1	Die Entwicklung der Weltbevölkerung	61
4.1.1	P-Ebene: Die zeitliche Veränderung der Bevölkerungszahlen	66
4.2	Die Entwicklung des Bruttoinlandprodukts	77
4.3	Die Entwicklung des Primärenergiebedarfs	80
4.4	Die Grenzen des Wachstums	82
4.5	Der Energiehaushalt der Erde	84

4.5.1	P-Ebene: Zur Physik des Erdklimas	90
4.6	Das Flächenangebot der Erde	96
4.7	Deutschland, ein Sonderfall?	100
5	Die Weltenergievorräte	103
5.1	Die fossil biogenen Energien	104
5.2	Die fossil mineralischen Energien 1: Kernspaltung	108
5.2.1	P-Ebene: Die physikalischen Grundlagen der Kernspaltung	112
5.3	Die Entsorgung des nuklearen Abfalls	127
5.3.1	P-Ebene: Moderne Techniken der Entsorgung	132
5.4	Die fossil mineralischen Energien 2: Kernfusion	134
5.4.1	P-Ebene: Der Fusionsreaktor	135
5.5	Die Risiken der Kernenergie	143
5.6	Das Ende der fossilen Energieträger	149
5.6.1	P-Ebene: Die zukünftige Entwicklung der fossilen Energieträger	152
6	Die erneuerbaren Energien	157
6.1	Die Solarenergie: Verfügbarkeit	160
6.1.1	P-Ebene: Die Umwandlung der Solarenergie	163
6.2	Die Solarenergie: Biomasse und Abfälle	171
6.2.1	P-Ebene: Die Kohlenstofffixierung durch Fotosynthese	180
6.3	Die Solarenergie: Fotovoltaik	185
6.3.1	P-Ebene: Die Eigenschaften einer Fotodiode	190
6.4	Die Solarenergie: Lichtkonzentratoren	192
6.4.1	P-Ebene: Die optischen Eigenschaften von Linsen und Spiegeln	197
6.5	Die Solarenergie: Thermische Solarzellen	200
6.5.1	P-Ebene: Physikalische Grundlagen thermischer Solarzellen	204
6.6	Die Strömungsenergie: Verfügbarkeit	206
6.7	Die Strömungsenergie: Windkraftanlagen	211
6.7.1	P-Ebene: Die Energiewandlung mithilfe einer Windkraftanlage	215
6.8	Die Strömungsenergie: Wasserkraftwerke	220
6.8.1	P-Ebene: Physikalische Grundlagen von Wasserkraftwerken	224
6.9	Die Strömungsenergie: Wellenkraftwerke	226
6.9.1	P-Ebene: Die physikalischen Grundlagen von Wellenkraftwerken	228
6.10	Die Strömungsenergie: Gezeitenkraftwerke	231
6.10.1	P-Ebene: Physikalische Grundlagen von Gezeitenkraftwerken	234
6.11	Die Kernenergie: Geothermie	236
6.11.1	P-Ebene: Das Gestein als Wärmespeicher	241
7	Eine Zukunft ohne Energie?	245
8	Die Energiespeicherung	257
8.1	Die Versorgung mit erneuerbarer Energie	257

8.2	Die Speicherung erneuerbarer Energien	261
8.2.1	P-Ebene: Physikalische Grundlagen von Energiespeichern	262
8.3	Die Möglichkeiten der Energiespeicherung	289
9	Der Energietransport	293
9.1	Die physikalischen Grundlagen des Energietransports	294
9.1.1	Der Transport von elektrischer Energie	294
9.1.2	Der Transport von chemischer Energie	301
9.1.3	Der Transport von thermischer Energie	306
9.2	Transport und Speicherung erneuerbarer Energien	308
10	Die Möglichkeiten des Energiesparens	311
10.1	Das Einsparpotenzial bei der Raumwärme	316
10.1.1	P-Ebene: Aktive Anlagen zur Einsparung von Heizenergie	320
10.2	Das Einsparpotenzial bei der Mobilität	327
10.3	Das Einsparpotenzial bei privaten Haushalten	330
10.4	Die Energielücke zwischen Bedarf und Angebot	332
11	Schlusswort	335
	Sachverzeichnis	339