

Inhalt

Vorwort	V
1. Einleitung	1
2. Primärenergieträger und Weltwirtschaft	6
2.1 Ein Beitrag zur Energiegeschichte	6
2.2 Physikalisch-technische Grundlagen	9
2.21 Arbeit, Energie, Leistung	9
2.22 Erster und zweiter Hauptsatz der Thermodynamik	10
2.23 Energieumsetzungen	13
2.3 Entwicklung des Primärenergieverbrauchs in der Welt	17
2.31 Primärenergieverbrauch und Erdbevölkerung	17
2.32 Primärenergieverbrauch und Bruttonsozialprodukt	24
2.33 Energieeinsparungspotentiale und Prognosen zum Primärenergiebedarf	36
2.331 Analyse des Energiebedarfs	37
2.332 Energieeinsparungsmöglichkeiten	44
2.333 Voraussichtliche Entwicklung des Primärenergiebedarfs in der Welt	50
2.4 Aspekte der Energiewirtschaft	61
2.41 Zur Entwicklung der Energiewirtschaft	61
2.42 Der zukünftige Investitionsbedarf der Energiewirtschaft	68
2.421 Investitionsbedarf der Mineralölwirtschaft	68
2.422 Investitionsbedarf der gesamten Energiewirtschaft	70
3. Das Energiepotential der Welt	73
3.1 Einteilung des Energieangebots	73
3.2 Weltvorräte und Reichweiten von Primärenergieträgern	75
3.3 Primärenergieträger	86
3.31 Kohle	86
3.311 Geographische Verteilung der Kohlevorräte	86
3.312 Förder- und Verbrauchscentren von Kohle	91
3.313 Besonderheiten der Kohletechnologie	97
3.32 Erdöl	101
3.321 Geographische Verteilung der Erdölvorräte	101
3.322 Förder- und Verbrauchscentren von Erdöl	110
3.323 Besonderheiten der Erdöltechnologie	118
3.33 Erdgas	125
3.331 Geographische Verteilung der Erdgasvorräte	125
3.332 Förder- und Verbrauchscentren von Erdgas	130
3.333 Besonderheiten der Erdgastechnologie	133

3.34	Ölschiefer und bituminöse Sande	136
3.341	Ölgewinnung aus Ölschiefer	136
3.342	Ölgewinnung aus bituminösen Sanden	139
3.343	Erschließung von Erdöl- und Erdgasvorkommen durch nukleare Sprengungen ..	141
3.343.1	Physikalische und politische Aspekte der nuklearen Sprengtechnik ..	141
3.343.2	Unterirdische Kernsprengungen zur Gewinnung von Kohlenwasserstoffen	146
3.35	Nukleare Energieträger für die Kernfission	149
3.351	Geographische Verteilung der Uran- und Thoriumvorräte	149
3.352	Produktions- und Verbrauchszentren von Uran und Thorium	155
3.36	Nukleare Energieträger für die Kernfusion	159
3.361	Geographische Verteilung der Lithium- und Deuteriumvorräte	159
3.362	Brennstoffkosten eines Fusionsreaktors	162
3.37	Sonnenenergie	162
3.371	Grundlegende Daten zur Sonnenenergie	162
3.372	Möglichkeiten und Beschränkungen bei der Nutzbarmachung der Sonnenenergie	172
3.38	Gezeitenenergie	180
3.39	Geothermische Energie	180
4.	Energieversorgungssysteme	183
4.1	Zur Rolle von Sekundärenergieträgern	183
4.2	Sekundärenergie aus nuklearen Energieträgern	185
4.21	Energiegewinnung durch Kernfission	185
4.211	Grundlagen der Reaktorphysik	185
4.212	Wassergekühlte und wassermoderierte Reaktoren	194
4.212.1	Schwerwasserreaktoren	194
4.212.2	Leichtwasserreaktoren	196
4.213	Gasgekühlte und graphitmoderierte Reaktoren	201
4.213.1	CO ₂ -gekühlte und graphitmoderierte Reaktoren	201
4.213.2	Fortgeschrittene gasgekühlte Reaktoren	202
4.213.3	Hochtemperatur-Reaktoren	203
4.214	Flüssigmetallgekühlte Schnelle Brutreaktoren	210
4.215	Gasgekühlte Schnelle Brutreaktoren	219
4.22	Energiegewinnung durch Kernfusion	219
4.221	Physikalische Grundlagen	219
4.222	Zur Entwicklung eines Fusionsreaktors	222
4.3	Sekundärenergie aus Sonnenenergie	234
4.31	Direkte Verfahren	234
4.311	Solarthermische Konversion	234
4.311.1	Komponenten solarthermischer Systeme	234
4.311.2	Solarthermische Anlagen	241
4.312	Solarthermische Kraftwerke	248
4.313	Photoelektrische Konversion	252
4.313.1	Solarzellen	252
4.313.2	Anwendungsmöglichkeiten	255
4.32	Indirekte Verfahren	257
4.321	Wasserkraft	257
4.322	Wellenergie	260
4.323	Meereswärme, Meeresströmungen	262
4.324	Windenergie	264

4.325 Nutzung gespeicherter Sonnenwärme mit Wärmepumpen	266
4.326 Photochemische Konversion	270
4.326.1 Photosynthese	270
4.326.2 Biomasse	272
4.326.3 Photolyse des Wassers	276
4.4 Sekundärenergie aus Gezeitenenergie	278
4.5 Sekundärenergie aus geothermischer Energie	278
4.6 Sekundärenergieträger	279
4.61 Elektrische Energie	279
4.611 Erzeugung	279
4.611.1 Elektrizitätserzeugung mit Wärmekraftwerken	279
4.611.2 Elektrizitätserzeugung aus mechanischer Energie	284
4.611.3 Direkte Elektrizitätserzeugung	285
4.611.31 Brennstoffzellen	285
4.611.32 Magnetohydrodynamische Generatoren	288
4.611.33 Thermoelektrische Energieumwandlung	290
4.611.34 Thermionische Energieumwandlung	291
4.611.35 Radionuklidbatterien	292
4.612 Transport	293
4.613 Speicherung	294
4.614 Wirtschaftliche Aspekte	297
4.62 Fernwärme	300
4.63 Erdölveredelungsprodukte	302
4.64 Kohleveredelungsprodukte	304
4.641 Zur Bedeutung der Kohleveredelung	304
4.642 Kohlevergasung	307
4.643 Kohleverflüssigung	312
4.643.1 Fischer-Tropsch-Synthese	312
4.643.2 Kohlehydrierung	315
4.644 Kokserzeugung	316
4.645 Wirtschaftliche Aspekte	318
4.65 Fernenergie	321
4.66 Wasserstoff als Energieträger	323
4.661 Herstellung	323
4.662 Transport	325
4.663 Speicherung	327
4.664 Sicherheitsprobleme	328
4.665 Umweltaspekte	329
4.67 Alternative Antriebssysteme für mobile Verbraucher	330
4.671 Methanol, Äthanol	330
4.672 Wasserstoff	334
4.673 Elektroantrieb	338
5. Umweltbelastungen und Sicherheitsprobleme	340
5.1 Probleme durch Energiefreisetzung	340
5.2 Direkte anthropogene Wärmebelastung	341
5.3 Fossilen Energieträgern spezifische Umweltbelastungen	343
5.31 Schadstoffemissionen	343
5.32 Das Kohlendioxid-Problem	349
5.4 Klimaveränderungen	357
5.41 Klimaschwankungen in der Vergangenheit	357

5.42 Mögliche klimatische Folgewirkungen durch Kohlendioxid	364
5.43 Mögliche Klimabeeinflussung durch andere anthropogene Einwirkungen	365
5.5 Umweltbelastungen durch Sonnenenergie	369
5.6 Umweltbelastungen durch Gezeitenenergie	370
5.7 Umweltbelastungen durch geothermische Energie	370
5.8 Für die Kernfission spezifische Umweltbelastungen und Sicherheitsprobleme	371
5.81 Einführende Betrachtungen	371
5.82 Zum Kernbrennstoffkreislauf	373
5.821 Kernbrennstoffversorgung	373
5.822 Entsorgung	378
5.822.1 Entsorgungskonzepte	378
5.822.2 Behandlung abgebrannter Brennelemente	380
5.822.21 Konditionierung	380
5.822.22 Wiederaufarbeitung	382
5.822.3 Endlagerung radioaktiven Materials	386
5.83 Das Problem der Nichtverbreitung von Kernwaffen	393
5.84 Zur Sicherheit kerntechnischer Anlagen	400
5.841 Normalbetrieb	400
5.842 Störfälle und Unfälle	405
5.843 Äußere Einwirkungen	427
5.844 Einwirkungen Dritter	430
5.9 Für die Kernfusion spezifische Umweltbelastungen und Sicherheitsprobleme	434
6. Schlußfolgerungen	447
7. Anhang	457
7.1 Literatur	457
7.2 Vertrag über die Nichtverbreitung von Kernwaffen (Text)	483
7.3 Abkürzungen	487
7.4 Maßeinheiten	492
7.5 Umrechnungstabelle	494
7.6 Namenverzeichnis	496
7.7 Sachverzeichnis	496