

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
Gelcitwort . . . . .	V
Vorbemerkung und Danksagung . . . . .	VI
Liste der Abkürzungen und Umrechnungsfaktoren . . . . .	XIV
Verzeichnis der Abbildungen . . . . .	XV
Verzeichnis der Tabellen . . . . .	XIX
Verzeichnis des Anhangs . . . . .	XXI
<b>Gesamtzusammenfassung . . . . .</b>	<b>1</b>
<b>I. Einleitung . . . . .</b>	<b>25</b>
<b>II. Klima und Klimaänderungen . . . . .</b>	<b>28</b>
1. Klimageschichte der Erde . . . . .	28
2. Klimasystem . . . . .	30
2.1 Strahlungshaushalt des Systems Erde-Atmosphäre . . . . .	32
2.2 Anthropogene Beeinflussung des natürlichen Strahlungshaushalts . . . . .	34
2.3 Ursachen für Klimaänderungen und Möglichkeiten der Früherkennung . . . . .	35
3. Klimamodelle und Klimavorhersage . . . . .	36
3.1 Einfache Klimamodelle . . . . .	37
3.2 Energiebilanz-Klimamodelle . . . . .	37
3.3 Zonal gemittelte Klimamodelle . . . . .	38
3.4 Stochastische Klimamodelle . . . . .	38
3.5 Zirkulationsmodelle . . . . .	39
3.6 Vorhersagbarkeit des Klimas . . . . .	40
4. Klimaforschung . . . . .	40
<b>III. Gesellschaftspolitische Aspekte des CO<sub>2</sub>/Klima-Problems . . . . .</b>	<b>43</b>
1. Bevölkerungsentwicklung . . . . .	43
1.1 Wachstum in der Vergangenheit . . . . .	43
1.2 Wachstumsaussichten für die Zukunft . . . . .	43
2. Gesellschaftsstruktur . . . . .	46
2.1 Verstädterung in den Industrieländern . . . . .	47
2.2 Verstädterung in den Entwicklungsländern . . . . .	47
3. Wirtschaftswachstum . . . . .	49
4. Verfügbarkeit fossiler Brennstoffe . . . . .	51
4.1 Kohle . . . . .	51
4.2 Erdöl . . . . .	53
4.3 Erdgas . . . . .	54

5. Energieentwicklung . . . . .	55
5.1 Energiemenge und Energiezusammensetzung . . . . .	55
5.2 Disparitäten im Energieverbrauch . . . . .	57
5.3 Markteinführungszeiten . . . . .	59
5.4 Energiepreisentwicklung . . . . .	60
6. Eingriffe in Wald und Boden . . . . .	62
6.1 Waldvernichtung . . . . .	62
6.2 Bodenverlust . . . . .	64

#### IV. Die wichtigsten anthropogenen Klimafaktoren . . . . . 65

1. Klimaeffekte durch CO <sub>2</sub> . . . . .	65
1.1 Das CO <sub>2</sub> /Klima-Problem . . . . .	65
1.2 Der natürliche Kohlenstoff-Kreislauf . . . . .	66
1.3 Nachweis der Störung des Kohlenstoff-Kreislaufs . . . . .	69
1.3.1 Der gemessene CO <sub>2</sub> -Anstieg in der Atmosphäre . . . . .	69
1.3.2 Das CO <sub>2</sub> -Meßstellennetz . . . . .	69
1.4 Ursachen der Störung . . . . .	72
1.4.1 Die Rolle der konventionellen fossilen Brennstoffe . . . . .	72
1.4.2 Die Rolle der unkonventionellen Brennstoffe . . . . .	76
1.4.3 Die Rolle der Biosphäre . . . . .	77
1.4.4 Die Rolle des Ozeans . . . . .	82
1.4.5 Das Gesamt-C-Budget . . . . .	85
1.5 Abschätzung der CO <sub>2</sub> -Entwicklung in der Vergangenheit . . . . .	86
1.5.1 Indirekte Methoden: Analyse an Jahresringen von Bäumen . . . . .	86
1.5.2 Direkte Methoden: Analyse von Eisbohrkernen . . . . .	88
1.6 Abschätzung der zukünftigen CO <sub>2</sub> -Entwicklung . . . . .	89
1.6.1 Modelle des Kohlenstoffkreislaufs . . . . .	89
1.6.2 Der zukünftige CO <sub>2</sub> -Gehalt der Atmosphäre . . . . .	90
1.7 Klimaauswirkungen eines CO <sub>2</sub> -Anstiegs . . . . .	94
1.7.1 Sensitivität des Klimagleichgewichts gegenüber einer CO <sub>2</sub> -Zunahme um einen festen Betrag . . . . .	96
1.7.2 CO <sub>2</sub> -Auswirkungen im zeitlichen Ablauf . . . . .	103
1.7.3 Kritischer Vergleich der Modellergebnisse . . . . .	109
2. Klimaeffekte durch andere anthropogene Spurengase . . . . .	112
2.1 Produktion und Konzentration . . . . .	116
2.2 Klimatisch-chemische Wechselwirkungen . . . . .	118
2.3 Abschätzung möglicher Klimaeinflüsse . . . . .	119
3. Klimaeffekte durch Aerosole . . . . .	120
3.1 Quellen, Emissionen, Konzentrationen . . . . .	120
3.2 Mögliche Klimabeeinflussung . . . . .	122

4. Klimateffekte durch Landnutzungsänderungen . . . . .	124
4.1 Überweidung – Wüstenbildung – Entwaldung . . . . .	125
4.2 Urbanisierung und Industrialisierung . . . . .	128
4.3 Energiegewinnungsprojekte . . . . .	128
4.4 Wasserbauvorhaben . . . . .	129
5. Klimateffekte durch Abwärme . . . . .	129
5.1 Natürliche und anthropogene Energieeinflüsse . . . . .	129
5.2 Klimaeinflüsse durch Wärmeemission . . . . .	131
5.3 Möglichkeiten der Abwärmeminderung . . . . .	133
6. Abschätzung der Gesamteffekte – kritische Schwellenwerte – Ausblick . . . . .	133
6.1 Beteiligung der einzelnen Klimafaktoren am Glashaus-Effekt . . . . .	133
6.2 Kombiniertes Glashaus-Effekt und kritische Schwellenwerte für den CO <sub>2</sub> - und Temperaturanstieg . . . . .	135
6.3 Ausblick . . . . .	136

**V. Auswirkungen von Klimaänderungen auf die Gesellschaft . . . . . 139**

1. Klima-Impaktprogramm . . . . .	139
1.1 Aufgabe und Methodik der Impakt-Analyse . . . . .	139
1.2 Szenarien für die Klimaentwicklung . . . . .	141
1.3 Szenarien für die sozio-ökonomische Entwicklung . . . . .	142
2. Ökosystem – Gesellschaften . . . . .	143
2.1 Einfluß des Menschen auf die Biome . . . . .	143
2.2 Reaktion der Biome auf Klimaänderungen . . . . .	143
3. Energieversorgung . . . . .	146
3.1 Klima und Energienachfrage . . . . .	147
3.2 Klima und Energieangebot . . . . .	148
3.3 Klima und Energiekosten . . . . .	150
4. Ernährungssicherung . . . . .	151
4.1 Klima und Welternährungslage . . . . .	152
4.2 Klima und Ernteerträge . . . . .	153
4.3 Klima und Schädlingsbekämpfung . . . . .	156
4.4 CO <sub>2</sub> -Düngung und Pflanzenproduktivität . . . . .	157
4.5 Erkenntnisse aus der Vergangenheit und Folgerungen . . . . .	157
5. Wasserversorgung . . . . .	158
5.1 Wasservorrat und Wasserbedarf . . . . .	159
5.2 Wasserverfügbarkeit . . . . .	160
5.3 Globale Wasserprobleme . . . . .	162
6. Fischfang . . . . .	164
7. Bevölkerung und Besiedlung . . . . .	165
7.1 Beispiele aus der Vergangenheit: Untergang von Kulturen – Völker- wanderungen – Wüstungen – Klima als auslösender Faktor? . . . . .	166
7.2 Mögliche Szenarien für die Zukunft: Kollaps des westantarktischen Eis-	

schildes – Meeresspiegelanstieg – Verlust von Küstenregionen; eisfreie Arktis – Verlagerung der Klima- und Anbauzonen . . . . .

	167
8. Gesundheit, Krankheit und Wohlbefinden . . . . .	174
8.1 Klima und Lebensbereich . . . . .	174
8.2 Klima und Krankheitserreger . . . . .	175
8.3 Klimaänderungen und Wohlbefinden . . . . .	176
9. Freizeitgestaltung . . . . .	177
<b>VI. Vorsorgemaßnahmen zur Vermeidung eines CO<sub>2</sub>/Klima-Problems</b> . . . . .	<b>179</b>
1. Handlungsspielraum und Handlungskonzept . . . . .	179
2. Technische Eingriffe . . . . .	180
2.1 CO <sub>2</sub> -Abscheidung . . . . .	180
2.2 CO <sub>2</sub> -Speicherung . . . . .	183
2.3 CO <sub>2</sub> -Nutzbarmachung . . . . .	185
2.4 Albedomodifikation . . . . .	185
3. Biologische Methoden . . . . .	186
3.1 CO <sub>2</sub> -Speicherung in Landpflanzen . . . . .	186
3.2 CO <sub>2</sub> -Speicherung in Wasserpflanzen . . . . .	187
3.3 CO <sub>2</sub> -Speicherung im Bodenhumus . . . . .	188
4. Energieeinsparung durch bessere Energienutzung . . . . .	188
4.1 Energieprognosen . . . . .	190
4.2 Einige ausgewählte Studien zur rationellen Energienutzung . . . . .	193
4.2.1 Deutsche Beiträge . . . . .	193
4.2.2 Europäische Studien . . . . .	198
4.2.3 US-Studien . . . . .	199
4.3 Rationelle Energienutzung in Industrie- und Entwicklungsländern . . . . .	200
5. Einsatz erneuerbarer Energiequellen . . . . .	201
5.1 Substitution nicht erneuerbarer durch erneuerbare Energiequellen . . . . .	201
5.2 Das globale Potential erneuerbarer Energiequellen . . . . .	203
6. Auswirkungen unterschiedlicher Energiestrategien . . . . .	206
6.1 Merkmale ausgewählter Szenarien . . . . .	206
6.1.1 Kohleveredelungs-Szenario . . . . .	206
6.1.2 IIASA-Szenarien . . . . .	207
6.1.3 Nullwachstums-Szenario . . . . .	209
6.1.4 Effizienz-Szenario . . . . .	210
6.2 Effekt unterschiedlicher Energiestrategien auf CO <sub>2</sub> - und Temperaturänderung . . . . .	212
6.2.1 Synthetische Brennstoff-Variante . . . . .	212
6.2.2 Rein fossile Brennstoff-Strategie . . . . .	213
6.2.3 Spektrum verschiedener Strategien . . . . .	214
7. Flankierende Maßnahmen . . . . .	219
8. Entscheidungshilfen . . . . .	220

<b>VII. Zukunftschancen</b> . . . . .	224
1. Alter Fortschrittsglaube – neue Glaubwürdigkeit . . . . .	224
2. Der Mensch: Gestalter seiner eigenen Zukunft? . . . . .	225
3. Zukunftschancen: Die bisherigen Trends fortschreiben . . . . .	227
3.1 Wachstum . . . . .	227
3.2 Nord-Süd-Konflikt . . . . .	228
4. Zukunftschancen: Neue Akzente setzen . . . . .	231
4.1 Neuorientierung . . . . .	231
4.2 Einsatz unseres technologischen Wissens . . . . .	232
4.2.1 Kraft-Wärme-Kopplung . . . . .	232
4.2.2 Heizkraftwerke . . . . .	232
4.2.3 Blockheizkraftwerke . . . . .	233
4.2.4 Wirbelschichtfeuerung . . . . .	233
4.2.5 Fernwärme . . . . .	234
4.2.6 Wärmepumpen . . . . .	235
4.3 Produktinnovation . . . . .	235
4.3.1 Wärmedämmung . . . . .	237
4.3.2 Energiesparende Glühlampen . . . . .	237
4.3.3 Kraftstoffökonomie . . . . .	237
4.3.4 Kohlenstoff als Werkstoff . . . . .	238
4.3.5 Mikroelektronik . . . . .	238
4.4 Abbau alter Barrieren . . . . .	239
5. Wege aus der CO <sub>2</sub> /Klima-Gefahr . . . . .	241
Literaturverzeichnis für die einzelnen Kapitel . . . . .	245
Auswahl von neueren Hand-, Text- und Taschenbüchern . . . . .	267
Anhang . . . . .	271
Glossar . . . . .	289
Autorenverzeichnis . . . . .	296
Sachverzeichnis . . . . .	302