

# Inhalt

## Teil I Klimatologie als Wissenschaft

<b>1</b>	<b>Klima als interdisziplinärer und internationaler Forschungsschwerpunkt</b>	<b>3</b>
1.1	Das Weltklimaprogramm	6
1.1.1	Das Weltklimaforschungsprogramm (WCRP)	9
1.1.2	Erdsystemforschung – die Gründung des ESSP (Earth System Science Partnership)	12
1.2	Klimaerfassung – Messnetze und Beobachtungssysteme	14
1.3	Klimadiagnose aus dem All – Globale Datensätze und zukünftiger Bedarf der Klimaforschung	21
1.3.1	Fernerkundung – Was ist das?	22
1.3.2	Satellitensysteme für die Klima- und Global-Change-Forschung	26
<b>2</b>	<b>Basiswissen und Grundgesetze der Klimatologie</b>	<b>71</b>
2.1	Zusammensetzung und Aufbau der Atmosphäre	71
2.2	Die Sonnenstrahlung – Energiequelle allen Lebens	74
2.3	Parameter des solaren Klimas: Erdrevolution, Beleuchtungsklima und Jahreszeiten	74
2.4	Der Einfluss der Atmosphäre auf die Sonnenstrahlung	78
2.5	Die Globalstrahlung	79
2.6	Wärmehaushalt der Atmosphäre: fühlbarer und latenter Wärmestrom	82
2.7	Der natürliche Treibhauseffekt und seine strahlungsaktiven Gase	84
2.8	Klimafaktoren und Klimaelemente bestimmen unser Klimasystem	86
2.8.1	Die Ausdehnung der Luft bei Erwärmung – der Luftdruck	90
2.8.2	Temperaturverteilung in der Atmosphäre	91

2.8.3	Niederschlag und Wasserkreislauf	98
2.8.4	Verdunstung und Niederschlag	98
2.9	Dynamik der Atmosphäre	104
2.9.1	Wirksame Kräfte in der Atmosphäre	104
2.9.2	Zyklone und Antizyklone als Beispiel der atmosphärischen Dynamik in der Westwinddrift	108
2.10	Die allgemeine atmosphärische Zirkulation	109
2.10.1	Die außertropische Westwind-Zirkulation	113
2.10.2	Die tropische Passat- und Monsunzirkulation	116
2.10.3	Die äquatoriale Zonal- oder Walker-Zirkulation	118
2.10.4	Die Ostwindzirkulation über den Polen	119
2.11	Telekonnektionen	121
2.11.1	ENSO (El Niño – Southern Oscillation)	122
2.11.2	Madden-Julian-Oszillation (MJO)	136
2.11.3	Nordatlantik-Oszillation (NAO)	137
2.11.4	Die Arktische Oszillation (AO)	139
2.11.5	West Pacific Pattern (WP)	140
2.11.6	Quasi-Biennial-Oszillation (QBO)	141
2.12	Klimate der Erde – Klimaklassifikationen	142
2.12.1	Genetisch-dynamische Klimaklassifikationen	142
2.12.2	Effektive Klimaklassifikationen	143

## Teil II Klimawandel und Global Change

<b>3</b>	<b>Zentrale Aussagen zum Klimawandel</b>	<b>153</b>
<b>4</b>	<b>Kennwerte des Klimawandels und des globalen Wandels</b>	<b>155</b>
4.1	Veränderungen der atmosphärischen Kohlendioxid-, Methan- und Stickoxidkonzentrationen	159

4.1.1	Kohlendioxid .....	159
4.1.2	Methan .....	169
4.1.3	Stickoxid .....	171
4.2	Veränderungen der atmosphärischen Halogenkohlenwasserstoffe, des troposphärischen und stratosphärischen Ozons sowie der Aerosole .....	173
4.2.1	Fluorkohlenwasserstoffe (HFC), voll-halogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (PFC) und Schwefelhexafluorid (SF <sub>6</sub> ) ..	173
4.2.2	Troposphärisches Ozon .....	175
4.2.3	Stratosphärisches Ozon .....	175
4.2.4	Aerosole .....	180
4.3	Sozioökonomische Entwicklung der Welt (SRES-Szenarien) .....	181

## **5 Schlüsselthemen des Klimawandels .....**

5.1	Veränderungen des globalen Wasserhaushalts, der Wolkenbildung und Niederschlagsverteilung auf der Erde – der aktuelle Wissensstand .....	185
5.2	Klimawandel und Wasser .....	187
5.3	Klimawandel und Landwirtschaft ....	190
5.4	Klimawandel und Desertifikation ....	196
5.5	Klimawandel, Wetteranomalien und Singularitäten .....	200

## **6 Fallstudie Kryosphäre .....**

6.1	Variabilität des arktischen Klimas ....	205
6.2	Die Nordatlantische und die Arktische Oszillation .....	206
6.3	Arktische Stratosphäre .....	207
6.4	Arktische Troposphäre .....	208
6.5	Strahlungsverhältnisse in der Arktis ...	208
6.6	Wolken und Niederschlag in der Arktis .....	209
6.7	Aerosole in der Arktis und ihre Quellen .....	210
6.8	Klimawirkung der Aerosole .....	211
6.9	Arktischer Dunst (Arctic Haze) ....	211
6.10	Ozon in der Arktis .....	212
6.11	Der Arktische Ozean .....	214
6.12	Eis in der Arktis .....	216

## **7 Fallstudie Klima und Gesundheit .....**

7.1	Fallbeispiel: Klimawandel und Hautkrebsgefährdung .....	225
7.1.1	Einflussfaktoren auf die auf der Erde auftretende UV-Strahlung .....	228

7.1.2	Messwerterfassung und UVI-Vorhersage .....	228
7.2	Fallbeispiel: Klimawandel und die afrikanische Malaria .....	231
7.2.1	Auswirkungen von Temperaturveränderungen auf die Malariaübertragung .....	232
7.2.2	Auswirkungen von Niederschlagsveränderungen auf die Malariaübertragung .....	232

## **8 Was können wir aus dem vierten IPCC-Bericht lernen? ...**

8.1	Wissenschaftliches Verständnis des Klimawandels im Hinblick auf Anpassungsmaßnahmen .....	238
8.2	Offene wissenschaftliche Fragen – welcher Handlungsbedarf besteht? ....	239
8.2.1	Handlungsbedarf: Dynamik der Eisschilde der Erde .....	240
8.2.2	Handlungsbedarf: Veränderungen im Wasserhaushalt der Erde .....	240
8.2.3	Handlungsbedarf: Atlantische Meridionalzirkulation im Ozean (AMOC) .....	241
8.2.4	Handlungsbedarf: Methanfreisetzung .....	243
8.2.5	Handlungsbedarf: Landoberflächenprozesse, Kohlenstoffzyklus und biogeochemische Feedback-Mechanismen .....	243
8.2.6	Handlungsbedarf: Aerosol-Wolken-Interaktion und Radiative Forcing ....	244
8.2.7	Handlungsbedarf: Regionalisierung der Modellprojektionen – Downscaling ...	245
8.2.8	Handlungsbedarf: Entwicklung von Schnittstellen zwischen Politik und Wissenschaft .....	245

## **Teil III Wechselwirkungen: Klima – Mensch, Gesellschaft und Politik**

<b>9</b>	<b>Klima und Mensch .....</b>	<b>249</b>
9.1	Klimaentwicklung und Evolution des Menschen .....	249
9.1.1	Gattung <i>Homo</i> – Werkzeuge, Mobilität und Intelligenz .....	252

<b>10</b>	<b>Klima und Gesellschaft</b> . . . . .	259		
10.1	Klima und Gesellschaft im Holozän . . .	259	11.5	Global Governance – das Konzept des Handelns im politischen Mehr- ebenensystem . . . . .
10.2	Klima und Gesellschaft seit der industriellen Revolution . . . . .	264		296
10.3	Umweltauswirkungen der Zivilisationsdynamik – der wirtschaftende Mensch . . . . .	269	11.5.1	Herausforderungen für Natur- und Sozialwissenschaften auf globaler und lokaler Ebene . . . . .
				297
			11.5.2	Innovationsorientierte Umwelt- politik . . . . .
				300
<b>11</b>	<b>Klima und Politik</b> . . . . .	277	<b>12</b>	<b>Klimawandel: eine andauernde Kontroverse und Heraus- forderung für Natur- und Sozialwissenschaft</b> . . . . .
11.1	Internationale Klimapolitik . . . . .	280		303
11.1.1	Der UNFCCC-Prozess . . . . .	281		
11.1.2	Quantifizierung klimawirksamer anthropogener Tätigkeiten für politische Entscheidungsprozesse . . . . .	283		
11.1.3	Der Emissionshandel im Rahmen des Kyoto-Protokolls . . . . .	285		<b>Farbtafeln</b> . . . . .
11.1.4	Die flexiblen Instrumente des Kyoto- Protokolls: Joint Implementation und Clean Development Mechanism . . . . .	287		309
11.2	Klimapolitik auf EU-Ebene . . . . .	289		<b>Literatur</b> . . . . .
11.3	Nationale Klimapolitik – Das Beispiel Deutschland . . . . .	291		319
11.4	Die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) . . . . .	293		<b>Glossar</b> . . . . .
				325
				<b>Akronyme</b> . . . . .
				335
				<b>Index</b> . . . . .
				341