

# Inhaltsverzeichnis

---

## I Klimatologie als Wissenschaft

<b>1</b>	<b>Klima als interdisziplinärer und internationaler Forschungsschwerpunkt .....</b>	<b>3</b>
1.1	Das Weltklimaprogramm.....	10
1.1.1	Das Weltklimaforschungsprogramm (WCRP) .....	12
1.1.2	Erdsystemforschung – Future Earth .....	18
1.2	Klimaerfassung – Messnetze und Beobachtungssysteme.....	21
1.3	Klimamodellierung – Klimamodelle .....	31
1.3.1	Klimamodelle – ein Blick zurück .....	34
<b>2</b>	<b>Basiswissen und Grundgesetze der Klimatologie .....</b>	<b>37</b>
2.1	Zusammensetzung und Aufbau der Atmosphäre .....	39
2.2	Die Sonnenstrahlung – Energiequelle allen Lebens .....	43
2.3	Parameter des solaren Klimas: Erdrevolution, Beleuchtungsklima und Jahreszeiten .....	43
2.4	Der Einfluss der Atmosphäre auf die Sonnenstrahlung.....	48
2.5	Die Globalstrahlung .....	49
2.6	Wärmehaushalt der Atmosphäre: fühlbarer und latenter Wärmestrom .....	53
2.7	Der natürliche Treibhauseffekt und seine strahlungsaktiven Gase .....	57
2.8	Klimafaktoren und Klimaelemente bestimmen unser Klimasystem .....	60
2.8.1	Die Ausdehnung der Luft bei Erwärmung – der Luftdruck .....	66
2.8.2	Temperaturverteilung in der Atmosphäre.....	67
2.8.3	Niederschlag und Wasserkreislauf.....	75
2.8.4	Verdunstung und Niederschlag .....	76
2.9	Dynamik der Atmosphäre .....	83
2.9.1	Wirksame Kräfte in der Atmosphäre .....	83
2.9.2	Zyklone und Antizykfone – Wesentliche Bestandteile der atmosphärischen Dynamik in der Westwinddrift .....	87
2.10	Die allgemeine atmosphärische Zirkulation.....	89
2.10.1	Die außertropische Westwind-Zirkulation .....	93
2.10.2	Die tropische Passat- und Monsunzirkulation .....	98
2.10.3	Die äquatoriale Zonal- oder Walker-Zirkulation.....	100
2.10.4	Die Ostwindzirkulation über den Polen.....	101
2.11	Telekonnektionen .....	104
2.11.1	ENSO (El Niño – Southern Oscillation) .....	105
2.11.2	Madden-Julian-Oszillation (MJO) .....	125
2.11.3	Nordatlantik-Oszillation (NAO).....	126
2.11.4	Die Arktische Oszillation (AO) .....	133
2.11.5	West Pacific Pattern (WP) .....	134
2.11.6	Quasi-Biennial-Oszillation (QBO).....	134
2.12	Klimate der Erde – Klimaklassifikationen .....	136
2.12.1	Genetisch-dynamische Klimaklassifikationen .....	136
2.12.2	Effektive Klimaklassifikationen .....	137

## II Klimawandel und Global Change

3	Zentrale Aussagen zum Klimawandel .....	155
4	Indikatoren des Klimawandels und globalen Wandels .....	159
4.1	Veränderungen der atmosphärischen Kohlendioxid-, Methan- und Stickoxidkonzentrationen .....	166
4.1.1	Kohlendioxid.....	166
4.1.2	Methan.....	184
4.1.3	Stickoxid .....	190
4.2	Veränderungen der atmosphärischen Halogenkohlenwasserstoffe, des troposphärischen und stratosphärischen Ozons sowie der Aerosole.....	192
4.2.1	Fluorkohlenwasserstoffe (HFC), vollhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (PFC) und Schwefelhexafluorid (SF <sub>6</sub> ).....	192
4.2.2	Troposphärisches Ozon .....	193
4.2.3	Stratosphärisches Ozon .....	193
4.2.4	Aerosole.....	201
4.3	Sozioökonomische Entwicklung der Welt – von den historischen SRES-Szenarien zu den aktuellen RCP-Szenarien .....	203
4.3.1	Die neuen globalen Szenarien – „Repräsentative Konzentrationspfade“ (RCPs) .....	208
4.3.2	Szenarien für die nächste Generation Klimaprojektionen (CMIP6).....	210
5	Schlüsselthemen des Klimawandels .....	217
5.1	Veränderungen des globalen Wasserhaushalts .....	219
5.2	Klimawandel und Wasser.....	220
5.3	Klimawandel und Landwirtschaft .....	227
5.4	Klimawandel und Desertifikation.....	239
5.5	Wetteranomalien, Extremereignisse und Singularitäten .....	245
5.6	Klimawandel und Ozeane .....	252
5.7	Klimawandel und Landnutzungsveränderungen .....	255
5.8	Klimawandel und Biodiversität .....	257
6	Fallstudie Kryosphäre .....	261
6.1	Variabilität des arktischen Klimas .....	263
6.2	Die Nordatlantische und die Arktische Oszillation.....	266
6.3	Arktische Stratosphäre .....	267
6.4	Arktische Troposphäre .....	268
6.5	Strahlungsverhältnisse in der Arktis.....	269
6.6	Wolken und Niederschlag in der Arktis .....	270
6.7	Aerosole in der Arktis und ihre Quellen .....	271
6.8	Klimawirkung der Aerosole .....	272
6.9	Arktischer Dunst ( <i>Arctic haze</i> ) .....	273
6.10	Ozon in der Arktis.....	274
6.11	Der Arktische Ozean.....	277
6.12	Eis in der Arktis.....	280
6.13	Eis in der Antarktis .....	283
6.14	Permafrost .....	285

<b>7</b>	<b>Fallstudie Klima und Gesundheit .....</b>	291
7.1	<b>Fallbeispiel: Klimawandel und Hautkrebsgefährdung.....</b>	297
7.1.1	Einflussfaktoren auf die auf der Erde auftreffende UV-Strahlung .....	300
7.1.2	Messwerterfassung und UVI-Vorhersage .....	301
7.2	<b>Fallbeispiel: Klimawandel und die afrikanische Malaria.....</b>	304
7.2.1	Auswirkungen von Temperaturveränderungen auf die Malariaübertragung.....	305
7.2.2	Auswirkungen von Niederschlagsveränderungen auf die Malariaübertragung.....	307
<b>8</b>	<b>Was können wir aus den IPCC- und anderen Syntheseberichten lernen? .....</b>	311
8.1	<b>Wissenschaftliches Verständnis des Klimawandels im Hinblick auf Anpassungsmaßnahmen .....</b>	322
8.2	<b>Offene wissenschaftliche Fragen – welcher Handlungsbedarf besteht? .....</b>	323
8.2.1	Handlungsbedarf: Dynamik der Eisschilde der Erde.....	324
8.2.2	Handlungsbedarf: Veränderungen im Wasserhaushalt der Erde .....	325
8.2.3	Handlungsbedarf: Atlantische Meridionale Umwälzbewegung im Ozean (AMOC) .....	327
8.2.4	Handlungsbedarf: Methanfreisetzung.....	330
8.2.5	Handlungsbedarf: Landoberflächenprozesse, Kohlenstoffzyklus und biogeochemische Feedback-Mechanismen .....	331
8.2.6	Handlungsbedarf: Aerosol-Wolken-Interaktion und <i>radiative forcing</i> .....	332
8.2.7	Handlungsbedarf: Regionalisierung der Modellprojektionen – <i>downscaling</i> .....	333
8.2.8	Handlungsbedarf: Entwicklung von Schnittstellen zwischen Politik und Wissenschaft.....	334
<b>III</b>	<b>Wechselwirkungen: Klima – Mensch, Gesellschaft und Politik</b>	
<b>9</b>	<b>Klima und Mensch .....</b>	343
9.1	<b>Klimaentwicklung und Evolution des Menschen.....</b>	344
9.1.1	Gattung <i>Homo</i> – Werkzeuge, Mobilität und Intelligenz.....	348
<b>10</b>	<b>Klima und Gesellschaft.....</b>	357
10.1	<b>Klima und Gesellschaft im Holozän .....</b>	359
10.2	<b>Klima und Gesellschaft seit der industriellen Revolution .....</b>	365
10.2.1	Energie- und Gesellschaftsformen im Übergang .....	368
10.3	<b>Umweltauswirkungen der Zivilisationsdynamik – der wirtschaftende Mensch .....</b>	372
10.3.1	Die Weltbevölkerung .....	373
10.3.2	Die Veränderung des weltweiten Pro-Kopf-Verbrauchs (Konsum).....	376
<b>11</b>	<b>Klima und Politik .....</b>	381
11.1	<b>Internationale Klimapolitik.....</b>	386
11.1.1	Der UNFCCC-Prozess .....	388
11.1.2	Quantifizierung klimawirksamer anthropogener Tätigkeiten für politische Entscheidungsprozesse.....	394
11.1.3	Der Emissionshandel im Rahmen des Kyoto-Protokolls .....	396

11.1.4	Die flexiblen Instrumente des Kyoto-Protokolls: <i>Joint implementation</i> und <i>clean development mechanism</i> .....	398
11.2	Klimapolitik auf EU-Ebene .....	401
11.3	Nationale Klimapolitik – Das Beispiel Deutschland .....	405
11.4	Die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) .....	408
11.5	Global Governance – das Konzept des Handelns im politischen Mehrebenensystem.....	414
11.5.1	Herausforderungen für Natur- und Sozialwissenschaften auf globaler und lokaler Ebene .....	415
11.5.2	Innovationsorientierte Umweltpolitik.....	418
<b>Serviceteil</b>		
	Anhang – Klimadiagnose aus dem All und zukünftiger Bedarf der Klimaforschung – globale Klimabeobachtungssysteme (GCOS).....	424
	Globale Klimadienste.....	488
	Glossar .....	491
	Literatur .....	507
	Stichwortverzeichnis.....	525