

Martin Kappas

Klimatologie

Klimaforschung im 21. Jahrhundert
– Herausforderung für Natur- und
Sozialwissenschaften

Inhalt

Teil I Klimatologie als Wissenschaft

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Klima als interdisziplinärer und internationaler Forschungsschwerpunkt | 3 |
| 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 |
| 2 | Basiswissen und Grundgesetze der Klimatologie | 71 |
| 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

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

| | | | | | |
|----------|---|-----|---|--|-----|
| 4.1.1 | Kohlendioxid | 159 | 7.1.2 | Messwerterfassung und UVI- Vorhersage | 228 |
| 4.1.2 | Methan | 169 | 7.2 | Fallbeispiel: Klimawandel und die afrikanische Malaria | 231 |
| 4.1.3 | Stickoxid | 171 | 7.2.1 | Auswirkungen von Temperatur- veränderungen auf die Malaria- übertragung | 232 |
| 4.2 | Veränderungen der atmosphärischen Halogenkohlenwasserstoffe, des troposphärischen und stratosphärischen Ozons sowie der Aerosole | 173 | 7.2.2 | Auswirkungen von Niederschlags- veränderungen auf die Malaria- übertragung | 232 |
| 4.2.1 | Fluorkohlenwasserstoffe (HFC), voll- halogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (PFC) und Schwefelhexafluorid (SF ₆) .. | 173 | 8 | Was können wir aus dem vierten IPCC-Bericht lernen? ... | 237 |
| 4.2.2 | Troposphärisches Ozon | 175 | 8.1 | Wissenschaftliches Verständnis des Klimawandels im Hinblick auf Anpassungsmaßnahmen | 238 |
| 4.2.3 | Stratosphärisches Ozon | 175 | 8.2 | Offene wissenschaftliche Fragen – welcher Handlungsbedarf besteht? ... | 239 |
| 4.2.4 | Aerosole | 180 | 8.2.1 | Handlungsbedarf: Dynamik der Eisschilde der Erde | 240 |
| 4.3 | Sozioökonomische Entwicklung der Welt (SRES-Szenarien) | 181 | 8.2.2 | Handlungsbedarf: Veränderungen im Wasserhaushalt der Erde | 240 |
| 5 | Schlüsselthemen des Klimawandels | 185 | 8.2.3 | Handlungsbedarf: Atlantische Meridionalzirkulation im Ozean (AMOC) | 241 |
| 5.1 | Veränderungen des globalen Wasser- haushalts, der Wolkenbildung und Niederschlagsverteilung auf der Erde – der aktuelle Wissensstand | 185 | 8.2.4 | Handlungsbedarf: Methan- freisetzung | 243 |
| 5.2 | Klimawandel und Wasser | 187 | 8.2.5 | Handlungsbedarf: Landoberflächen- prozesse, Kohlenstoffzyklus und biogeochemische Feedback- Mechanismen | 243 |
| 5.3 | Klimawandel und Landwirtschaft ... | 190 | 8.2.6 | Handlungsbedarf: Aerosol-Wolken- Interaktion und Radiative Forcing ... | 244 |
| 5.4 | Klimawandel und Desertifikation ... | 196 | 8.2.7 | Handlungsbedarf: Regionalisierung der Modellprojektionen – Downscaling ... | 245 |
| 5.5 | Klimawandel, Wetteranomalien und Singularitäten | 200 | 8.2.8 | Handlungsbedarf: Entwicklung von Schnittstellen zwischen Politik und Wissenschaft | 245 |
| 6 | Fallstudie Kryosphäre | 205 | Teil III | | |
| 6.1 | Variabilität des arktischen Klimas ... | 205 | Wechselwirkungen: Klima – Mensch, Gesellschaft und Politik | | |
| 6.2 | Die Nordatlantische und die Arktische Oszillation | 206 | 9 | Klima und Mensch | 249 |
| 6.3 | Arktische Stratosphäre | 207 | 9.1 | Klimaentwicklung und Evolution des Menschen | 249 |
| 6.4 | Arktische Troposphäre | 208 | 9.1.1 | Gattung <i>Homo</i> – Werkzeuge, Mobilität und Intelligenz | 252 |
| 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 | 221 | | | |
| 7.1 | Fallbeispiel: Klimawandel und Hautkrebsgefährdung | 225 | | | |
| 7.1.1 | Einflussfaktoren auf die auf der Erde auftreffende UV-Strahlung | 228 | | | |

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