


Martin Kappas

Klimatologie

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

 Springer Spektrum

Martin Kappas
Geographisches Institut
University of Göttingen
Göttingen, Deutschland

ISBN 978-3-662-62104-2 ISBN 978-3-662-62105-9 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-62105-9>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <https://portal.dnb.de> abrufbar.

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2009, 2024

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung/Lektorat: Simon Shah-Rohlf's

Springer Spektrum ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Wenn Sie dieses Produkt entsorgen, geben Sie das Papier bitte zum Recycling.

Inhaltsverzeichnis

I Klimatologie als Wissenschaft

1	Klima als Interdisziplinärer und Internationaler Forschungsschwerpunkt	3
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
2	Baswissen und Grundgesetze der Klimatologie	37
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 Klimatelemente 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 Antizyklone – 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 ₆).....	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

7	Fallstudie Klima und Gesundheit	291
7.1	Fallbeispiel: Klimawandel und Hautkrebsgefährdung	297
7.1.1	Einflussfaktoren auf die auf der Erde auftreffende UV-Strahlung	300
7.1.2	Messwerterfassung und UVI-Vorhersage.....	301
7.2	Fallbeispiel: Klimawandel und die afrikanische Malaria	304
7.2.1	Auswirkungen von Temperaturveränderungen auf die Malariaübertragung.....	305
7.2.2	Auswirkungen von Niederschlagsveränderungen auf die Malariaübertragung.....	307
8	Was können wir aus den IPCC- und anderen Syntheseberichten lernen?	311
8.1	Wissenschaftliches Verständnis des Klimawandels im Hinblick auf Anpassungsmaßnahmen	322
8.2	Offene wissenschaftliche Fragen – welcher Handlungsbedarf besteht?	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
III	Wechselwirkungen: Klima – Mensch, Gesellschaft und Politik	
9	Klima und Mensch	343
9.1	Klimaentwicklung und Evolution des Menschen	344
9.1.1	Gattung <i>Homo</i> – Werkzeuge, Mobilität und Intelligenz.....	348
10	Klima und Gesellschaft	357
10.1	Klima und Gesellschaft im Holozän	359
10.2	Klima und Gesellschaft seit der industriellen Revolution	365
10.2.1	Energie- und Gesellschaftsformen im Übergang	368
10.3	Umweltauswirkungen der Zivilisationsdynamik – der wirtschaftende Mensch	372
10.3.1	Die Weltbevölkerung	373
10.3.2	Die Veränderung des weltweiten Pro-Kopf-Verbrauchs (Konsum).....	376
11	Klima und Politik	381
11.1	Internationale Klimapolitik	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
 Serviceteil		
	Anhang – Klimadiagnose aus dem All und zukünftiger Bedarf der Klimaforschung – globale Klimabeobachtungssysteme (GCOS).....	424
	Globale Klimadienste.....	488
	Glossar.....	491
	Literatur	507
	Stichwortverzeichnis.....	525