

Peter Fabian

Leben im Treibhaus

Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

Peter Fabian

Leben im Treibhaus

Unser Klimasystem –
und was wir daraus machen

Mit 60 Abbildungen, 17 Tabellen und 14 Farbtafeln



Springer

Prof. Dr. Dr. h. c. Peter Fabian
Lehrstuhl für Bioklimatologie und Immissionsforschung
Technische Universität München
Am Hochanger 13
85354 Freising-Weihenstephan
fabian@met.forst.tu-muenchen.de

ISBN 978-3-642-62805-4

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Fabian, Peter:

Leben im Treibhaus : unser Klimasystem – und was wir daraus machen / Peter Fabian. – Berlin ; Heidelberg ; New York ; Hongkong ; London ; Mailand ; Paris ; Tokio : Springer, 2002

ISBN 978-3-642-62805-4 ISBN 978-3-642-56154-2 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-642-56154-2

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2002

Originally published by Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York in 2002

Softcover reprint of the hardcover 1st edition 2002

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Produkthaftung: Für Angaben über Dosierungsanweisungen und Applikationsformen kann vom Verlag keine Gewähr übernommen werden. Derartige Angaben müssen vom jeweiligen Anwender im Einzelfall anhand anderer Literaturstellen auf ihre Richtigkeit überprüft werden.

Herstellung: Renate Albers

Umschlaggestaltung: design & production, Heidelberg

Satz und Grafiken: Fotosatz-Service Köhler GmbH, Würzburg

SPIN: 10725945 52/3020 ra – 5 4 3 2 1 0 Gedruckt auf säurefreiem Papier

Vorwort

Während ich dieses Vorwort schreibe, sitze ich in einer der schönsten gelegenen Forschungseinrichtungen der Welt, der Scripps Institution of Oceanography im südkalifornischen La Jolla, und blicke hinaus auf den Pazifik. Der morgendliche Himmel ist blau, aber draußen über dem Wasser erstreckt sich eine bräunliche Smogschicht, die der Nordwind aus dem etwa 150 km entfernten Großraum Los Angeles herübergeweht hat. Mir wird wieder einmal deutlich vor Augen geführt, daß es praktisch keinen Ort auf der Welt gibt, an dem die Einflüsse menschlicher Aktivitäten in der Luft, im Wasser oder im Boden nicht zu bemerken sind.

Unsere Umwelt ist wesentlich dadurch geprägt, daß es Leben auf der Erde gibt. Eine komplexe Biosphäre regelt, wie in diesem Buch beschrieben, den Austausch nahezu aller Substanzen im System und damit ihre Verteilung in Luft, Wasser und Böden. Auch die Zusammensetzung unserer Atmosphäre, insbesondere der Anteil klimawirksamer Treibhausgase, wird durch biologische Vorgänge geregelt. Das Leben selbst bestimmt damit die Eigenschaften des Treibhauses, in dem es gedeiht.

Der Mensch als höchste Form der Evolution ist dabei, diese Eigenschaften massiv zu verändern, indem er Kohle, Erdöl und Erdgas verbrennt, Wälder vernichtet und Abgase aller Art freisetzt. Die Folge ist eine zunehmende Veränderung des globalen Klimas, die heute bereits bedrohliche Ausmaße erreicht hat. Auch hierüber wird in diesem Buch berichtet. Diese durch unsere Zivilisation verursachten Klimaveränderungen werden sich weiter verstärken, wenn es nicht gelingt, die Emissionen klimarelevanter Gase weltweit zu verringern und die verbliebenen Wälder zu erhalten.

Doch hierfür sehen die Chancen derzeit nicht gut aus: Das 1997 in Kyoto unterzeichnete Klimaprotokoll kann noch immer nicht in Kraft treten, da die USA, die immerhin für fast ein Viertel alle Emissionen weltweit verantwortlich sind, ihren Beitritt verweigern. Zwar wäre die tatsächliche Wirkung dieses Protokolls, sollte es doch noch in Kraft treten, gering. Es wäre aber immerhin die erste internationale Vereinbarung zum Klimaschutz und damit ein wichtiges Regelwerk, das schrittweise verschärft und damit wirksamer gemacht werden könnte. Die Ereignisse des 11. September 2001 haben die Situation eher noch verschlechtert: Die Bekämpfung des internationalen Terrors steht in den USA jetzt an erster Stelle der Prioritätenliste, Umwelt und Klimaschutz dagegen ganz am Ende.

Die Idee, dieses Buch zu schreiben, entwickelte sich aus meiner Vortragstätigkeit über Umweltthemen, insbesondere vor Nichtfachleuten. Es gibt, wie

mir hierbei immer wieder deutlich wurde, einen ungeheuren Informationsbedarf, den zu decken dieses Buch helfen soll. Als Atmosphärenwissenschaftler habe ich im Laufe meiner inzwischen fast 20jährigen Zugehörigkeit zum Lehrkörper einer forstwissenschaftlichen Fakultät immer wieder zu vermitteln versucht, daß Klima und Wald untrennbar zusammengehören. Immerhin machen Wälder mehr als 90% der lebenden Biomasse aus, der Biosphäre also, die eine so eminent wichtige Regelfunktion für das irdische Treibhaus hat.

Aber nicht nur für Forstwissenschaftler habe ich dieses Buch geschrieben. Ich möchte es allen Geo-, Bio-, Agrar- und Umweltwissenschaftlern, Landschafts-, Raum- und Stadtplanern, nicht zuletzt aber auch interessierten Laien, Politikern, Behörden und Nichtregierungsorganisationen an die Hand geben, die sich in dem faszinierenden Treibhaus, in dem wir leben, zurechtfinden und die komplexen Zusammenhänge des Klimasystems verstehen wollen. Ich habe versucht, das Buch so allgemeinverständlich wie möglich zu schreiben. Diejenigen, die tiefer in die Materie eindringen möchten, können sich über die umfangreiche Literaturliste Zugang zur jeweiligen Originalliteratur verschaffen.

Bedanken möchte ich mich bei den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern meines Lehrstuhls, insbesondere bei Michaela Maria Hirschberg, Annette Menzel, Andreas Stohl, Herbert Werner und Martin Winterhalter. Sie waren mir durch Beschaffung von Material, Korrekturlesen und kritische Diskussionen eine wertvolle Hilfe. Dankbar bin ich auch Brigitte Fleischner für die professionelle Textgestaltung. Danken möchte ich schließlich dem Springer-Verlag für die gute Zusammenarbeit. Schon mein erstes Buch *Atmosphäre und Umwelt* war dort in guten Händen. Möge auch *Leben im Treibhaus* eine Vielzahl von Lesern ansprechen.

La Jolla, Kalifornien, März 2002

Peter Fabian

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	1
Leben im Treibhaus – der privilegierte Planet Erde	1
1 Wie alles begann: Die Evolution der Erdatmosphäre	5
1.1 Vom solaren Nebel zur Uratmosphäre	5
1.2 Evolution des atmosphärischen Sauerstoffs	9
1.3 Sedimente und Fossilien: Konservierte Indizien der Evolution	14
2 Das irdische Treibhaus	23
2.1 Zusammensetzung und Struktur der Atmosphäre	23
2.2 Unsere Energiequelle: Die Sonne	28
2.3 Die atmosphärische Ozonschicht – UV-Filter des irdischen Treibhauses	31
2.3.1 Ozonbildung und –Verteilung	31
2.3.2 Katalytischer Ozon-Abbau	37
2.3.3 Reservoir- und Senkengase	41
2.4 Strahlungsbilanz und Treibhauseffekt	43
2.5 Dynamische Prozesse	48
2.5.1 Die allgemeine Zirkulation der Atmosphäre	48
2.5.2 Vermischung und Lebensdauern von Spurengasen	51
2.5.3 Ausbreitung in höheren Atmosphärenschichten	53
2.6 Das Wasser der Erde	56
2.6.1 Bedeutung des Wassers	56
2.6.2 Der globale Wasserkreislauf	57
2.6.3 Klimaeinfluß der Ozeane	59
2.7 El Niño: Tropisches Phänomen mit weltweiten Auswirkungen	61
2.7.1 El Niño, La Niña und die Walker-Zirkulation	61
2.7.2 Weltweite Auswirkungen von El Niño	64
2.8 Die Klimazonen der Erde	67
2.8.1 Wetter und Klima, Klimafaktoren	67
2.8.2 Das Klima der Tropen	69
2.8.3 Monsune	73
2.8.4 Außertropische Klimate	73

3	Die Rolle der Biosphäre im Klimasystem	77
3.1	Geo-Biosphäre und Hydro-Biosphäre	77
3.2	Vegetationszonen und globale Biomasseverteilung	79
3.3	Wald als Klimafaktor	83
3.3.1	Direkte Klimawirkung des Waldes	83
3.3.2	Der Wald als Kohlenstoffspeicher	90
3.4	Biogeochemische Kreisläufe	93
3.4.1	Der globale Kohlenstoffkreislauf	94
3.4.2	Der globale Stickstoffkreislauf	98
3.5	Spurengase aus biogenen Quellen	100
3.6	Photochemische Prozesse – das atmosphärische Oxidationspotential	110
3.7	Schwefelkreislauf, Sulfataerosol und Vulkanismus	115
4	Natürliche Klimavariationen – Die wechselvolle Klimageschichte der Erde	121
4.1	Neoklimatologie und Paläoklimatologie	121
4.2	Methoden der Paläoklimatologie	123
4.3	Klima und Klimänderungen im vergangenen Millennium	130
4.4	Eiszeiten und Warmzeiten: Ursachen der Vereisungszyklen	133
5	Umweltveränderungen als Folge menschlicher Eingriffe	141
5.1	Photosmog	142
5.1.1	Photochemische Reaktionen und Ozonbildung	143
5.1.2	Ozonverteilung und Trends	147
5.1.3	Die Bedeutung von Ruß	149
5.1.4	Auswirkungen von Photosmog	150
5.2	Biomasse-Verbrennung	152
5.2.1	Produkte der Biomasse-Verbrennung	153
5.2.2	Waldbrände in den Tropen	154
5.2.3	Globale Auswirkungen	155
5.3	Saurer Regen	157
5.3.1	Saurer Regen – ein neues Problem?	157
5.3.2	Anthropogene Quellen	159
5.3.3	Säuredeposition und ihre Auswirkungen	161
5.3.4	Die „neuartigen“ Waldschäden	162
5.4	Auswirkungen des Luftverkehrs	166
5.4.1	Emissionen des Luftverkehrs	167
5.4.2	Kondensstreifen und Abgasfahnen	168
5.4.3	Klimawirkung des Luftverkehrs	169
5.5	Veränderungen der stratosphärischen Ozonschicht	170
5.5.1	Die „Ozonkiller“ und der globale Ozonschwund	170
5.5.2	Das Ozonloch über der Antarktis	173
5.5.3	Ein Ozonloch auch in der nördlichen Hemisphäre?	177
5.5.4	Auswirkungen der stratosphärischen Ozonausdünnung	178
5.6	Weltweite Klimaveränderungen und ihre Auswirkungen	181
5.6.1	Die globale Erwärmung	181

5.6.2	Abkühlung der höheren Atmosphärenschichten	184
5.6.3	Ozeantemperaturen, Gletscherschwund und Anstieg des Meeresspiegels	187
5.6.4	Veränderungen der globalen Niederschlagsverteilung	188
5.6.5	Auswirkungen der Klimaveränderungen auf den Wald	191
6	Internationale Abkommen zum Schutz der Umwelt	199
6.1	Das Montreal-Protokoll	199
6.2	Das Kyoto-Protokoll	203
7	Die zukünftige Entwicklung	209
7.1	Klimaveränderungen schreiten ungebremst fort	209
7.2	Einsparen und Aufforsten	212
7.3	Schlußbemerkungen	215
	Farbtafeln	219
	Literatur	233
	Sachverzeichnis	253