

Alan R. Wellburn

Luftverschmutzung und Klimaänderung

Alan R. Wellburn

Luftverschmutzung und Klimaänderung

Auswirkungen auf Flora, Fauna und Mensch

Mit 92 Abbildungen und 53 Tabellen



Springer

PROF. DR. ALAN R. WELLBURN
University of Lancaster
I.E.B.S., Biological Sciences Division
LA1 4YQ Lancaster
UK

Übersetzerinnen:

Ursula Gramm
Kirschgartenstraße 7
69126 Heidelberg, Germany

Dörthe Mennecke-Bühler
Im Hirschmorgen 16
69181 Leimen, Germany

© Alan R. Wellburn 1994:

This translation of *Air Pollution and Climate Change: The Biological Impact, (Second Edition)* is published by arrangement with Addison Wesley Longman Limited, London.

ISBN 978-3-540-61831-7

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Wellburn, Alan R.:

Luftverschmutzung und Klimaänderung: Auswirkungen auf Flora, Fauna und Mensch / Alan R. Wellburn. Bearb. von Rüdiger Grote. Übers. von Ursula Gramm; Dörte Mennecke-Bühler. - Berlin; Heidelberg; New York; Barcelona; Budapest; Hong Kong; London; Mailand; Paris; Santa Clara; Singapur; Tokio: Springer 1997

Einheitsacht.: Air pollution and climate change <dt.>

ISBN 978-3-540-61831-7 ISBN 978-3-642-59037-5 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-642-59037-5

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funk-sendung, 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 Urheberrechtgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zu-wi-derhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtgesetzes.

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.

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1997

Ursprünglich erschienen bei Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 1997

Für Florence

Danksagung

Im folgenden möchten wir all jenen danken, die der Verwendung von urheberrechtlich geschütztem Material zugestimmt haben:

dem Bundesminister für Forschung und Technologie für Abb. 1.1 (aus *Initial Report on Research on Environmental Damage to Forests*, CCRAC 84-87, Annex 1, 1984); den Autoren, I. Nicholson et al., für Abb. 1.4 (aus *Ecological Impact of Acid Precipitation*, SNSF Project, Oslo, 1984); E.B. Ford für Abb. 1.9; D. Reidel Co und den Autoren für Abb. 2.1. und Abb. 3.5 (R.A. Cox und S.A. Penkett in *Acid Deposition*, Beilke & Elshout (Eds.) 1983) und Abb. 10.1 (H. Fluhler in *Effects of Accumulation of Air Pollutants in Forest Ecosystems*, Ulrich & Pankrath (Eds.) 1983); dem Watt Committee on Energy Ltd. und dem Autor, F.B. Smith, für Abb. 5.1 (*the Watt Committee Report No. 14*, 1984); dem WHO Center on Surface and Ground Water, Kanada, und den Autoren, D. Whelpdale, nach G. Gravenhorst, für Abb. 5.2, aus dem *Water Quality Bulletin*, April 1983; den Autoren, D. Sutcliffe und T. Carrick, für Abb. 5.5 (Effects of acid rain on waterbodies in Cumbria, in *Pollution in Cumbria*, ITE Symposium, 1985); CRC Press Inc. und den Autoren für Abb. 11.1 (P.H. Freer-Smith und A. Wellburn in *Models in Plant Physiology/Biochemistry*, Newman & Wilson (Eds.) 1986); M. Whitmore und T.A. Mansfield für Tafel 1; C. Hufton für Tafel 2; A. Posthumus für die Tafeln 3, 5 und 6; M. Treshow für Tafel 4; der NASA für die Tafeln 7 und 9; K. Bull für Tafel 8; F. Bauer für Tafel 10 sowie N. Paul für die Tafeln 11, 12 und 13.

Wenngleich keine Anstrengungen gescheut wurden, die Urheber aller Quellen ausfindig zu machen, so hat sich dies doch in einigen Fällen als unmöglich erwiesen, und wir ergreifen nun diese Gelegenheit, uns hiermit bei all jenen zu entschuldigen, deren Urheberrechte unwillentlich verletzt wurden.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1 Definitionen und Begriffe	1
1.2 Stube und Aerosole	3
1.3 Maßeinheiten für die Messung von Gasen	5
1.4 Zusammensetzung der Atmosphère und Klima	6
1.5 Depositionsraten	10
1.6 Konzentrationen und Grenzwerte	11
1.7 Critical Loads	14
1.7.1 Feststellung von Schadstoffbelastungen	15
1.8 Bioindikatoren	17
1.9 Schwellenwerte und Schäden	22
1.10 Genetische Adaptation	24
1.10.1 Industriemelanismus	24
1.10.2 Sensibilität und Toleranz	27
Weiterführende Literatur	28
2. Schwefeldioxid	31
2.1 Schwefelquellen und Schwefelkreislauf	31
2.1.1 Anthropogene Einwirkungen	31
2.1.2 Natürliche Einwirkungen	34
2.1.3 Mikrobielle Tätigkeit	36
2.1.4 Reaktionen von Schwefeldioxid in Wasser und Ge- websflussigkeiten	40
2.1.5 Reaktionen von Sulfit mit Biomolekülen	41
2.2 Auswirkungen auf die Pflanzenwelt	43
2.2.1 Eintritt über die Stomata	43
2.2.2 Transferwiderstande im Blattinneren und Pufferkapa- zitat	46
2.2.3 Schwefelstoffwechsel	49
2.2.4 Schäden an Chloroplasten	51
2.2.5 Langfristige Schäden	53
2.3 Auswirkungen auf die Gesundheit	55
2.3.1 Reizerscheinungen	55
2.3.2 Gefahren am Arbeitsplatz und in den Städten	58

2.3.3	Toxizität von Schwefeldioxid und Sulfid in Geweben . . .	59
	Weiterführende Literatur	61
3.	Stickoxide	63
3.1	Bildung und Quellen	63
3.1.1	Der Stickstoffkreislauf	63
3.1.2	Distickstoffoxid	64
3.1.3	Verbrennungsvorgänge	67
3.1.4	Oxidationsprozesse in der Atmosphäre	70
3.1.5	Trockene Deposition	73
3.2	Auswirkungen auf die Pflanzenwelt	74
3.2.1	Eintritt ins Blatt	74
3.2.2	Aufnahme über die Wurzeln	75
3.2.3	Positive oder negative Auswirkungen?	77
3.2.4	Gewächshauspflanzen	79
3.2.5	Aussichten	80
3.3	Auswirkungen auf die Gesundheit	81
3.3.1	Störfälle in der Industrie	81
3.3.2	Private Haushalte	82
3.3.3	Lungenschäden	85
3.3.4	Stoffwechsel-Reaktionen	87
3.3.5	Bedeutung für die Ernährung	89
	Weiterführende Literatur	90
4.	Ammoniak und Sulfide	93
4.1	Reduzierte Stickstoff- und Schwefelformen in der Atmosphäre	93
4.2	Ammoniak	93
4.2.1	Gasförmige Freisetzung	93
4.2.2	Deposition von atmosphärischem Ammoniak	97
4.2.3	Auswirkungen von Ammoniak auf Pflanzen	98
4.2.4	Auswirkungen von Ammoniak auf die Gesundheit	99
4.3	Schwefelwasserstoff	99
4.3.1	Übelriechende Emissionen	99
4.3.2	Austausch von Schwefelwasserstoff aufgrund mikro- bieller Tätigkeit	100
4.3.3	Emission von Schwefelwasserstoff durch Pflanzen	101
4.3.4	Unfälle	102
4.4	Organische Sulfide	104
4.4.1	Biogene und anthropogene Emissionen	104
4.4.2	Organische Sulfide und Vegetation	106
4.4.3	Toxikologische Auswirkungen von Carbondisulfid	107
	Weiterführende Literatur	108

5. Saurer Regen	109
5.1 Bildung und Deposition von sauren Niederschlägen	109
5.1.1 Definitionen	109
5.1.2 Säuregehalt des Wolkenwassers	110
5.1.3 Bildung von Schwefelsäure	112
5.1.4 Bildung von Salpetersäure	114
5.1.5 Weitere Quellen von Acidität und Alkalinität	114
5.1.6 Dispersion und Transport	115
5.1.7 Deposition	116
5.2 Auswirkungen auf Lebensräume	117
5.2.1 Pflanzennährstoffe und Bodenversauerung	117
5.2.2 Verdunstung und Sublimation	122
5.2.3 Versauerung von Flüssen und Seen	124
5.3 Auswirkungen auf Pflanzen	126
5.3.1 Blattschäden und Veränderungen der Cuticula	126
5.3.2 Physiologische und biochemische Veränderungen	126
5.3.3 Direkte Nährstoffverluste und Auswirkungen auf die Reproduktion	127
5.4 Auswirkungen auf Tiere	128
5.4.1 Seen und Fischereigewässer	128
5.4.2 Vergiftungserscheinungen bei Fischen	130
5.4.3 Auswirkungen auf Wirbellose und Vögel	133
5.4.4 Indirekte Auswirkungen auf den Menschen	134
Weiterführende Literatur	135
 6. Ozon, PAN und photochemischer Smog	 137
6.1 Bildung und Quellen	137
6.1.1 Bildung von Ozon in der Troposphäre	137
6.1.2 Unverbrannte Kohlenwasserstoffe	137
6.1.3 Bildung von photochemischem Smog	138
6.2 Schadensmechanismen	141
6.2.1 Materialschäden	141
6.2.2 Ozonolyse oder Peroxidation?	142
6.2.3 Größere Empfindlichkeit der Proteine im Vergleich zu Lipiden	144
6.2.4 Reaktionen unter Beteiligung von PAN	145
6.2.5 Natürliche Antioxidanzien	145
6.3 Auswirkungen auf die Pflanzen	150
6.3.1 Eintritt in die Pflanze	150
6.3.2 Zellveränderungen und -schäden	150
6.3.3 Sichtbare Schäden	152
6.3.4 Schäden infolge von Peroxyacylnitrat	152
6.4 Auswirkungen auf die Gesundheit	153
6.4.1 Gefahren in Innenräumen und am Arbeitsplatz	153
6.4.2 Gefahren im Freien	154

6.4.3	Kurze und lange Expositionszeiten	154
6.4.4	Biochemische und physiologische Veränderungen	156
6.4.5	Zellmodelle	157
6.4.6	Entstehung von Mutationen	158
	Weiterführende Literatur	159
7.	Stratosphärischer Ozonabbau und verstärkte UV-B-Strahlung	161
7.1	Ultraviolette Strahlung	161
7.2	Atomarer Sauerstoff, Ozon und Hydroxylradikale	163
7.3	Sprays, Kältemittel, Isolierstoffe und Lösemittel	166
7.4	Polare Wirbel	168
7.5	Ersatzstoffe	168
7.6	Biologische Wirkungsspektren	172
7.7	UV-B-Flüsse und experimentelle Strahlenapplikation	174
7.8	Höhere Pflanzen	175
7.9	Auswirkungen auf Mikroorganismen	179
7.10	Meereswelt	180
7.11	Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit	182
7.11.1	Hautkrebs	182
7.11.2	Augenschäden	183
7.11.3	Infektionen und Immunreaktionen	185
7.12	Auswirkungen auf die Tierwelt	185
	Weiterführende Literatur	186
8.	Globale Erwärmung	187
8.1	Der Treibhauseffekt	187
8.1.1	Ein natürlicher Vorgang	187
8.1.2	Treibhausgase	187
8.1.3	Methan	188
8.1.4	Wasserdampf	191
8.1.5	Temperatur, Kohlendioxid- und Methankonzentration in der Vergangenheit	191
8.1.6	Künftige Trends: Temperaturen, Meeresspiegel und Regenfälle	195
8.1.7	Albedo, Neigungswinkel der Erde, und vulkanische Tätigkeit	199
8.1.8	Der Einfluß der Meere	200
8.2	Auswirkungen auf Pflanzen	202
8.2.1	Photosynthese	202
8.2.2	Temperatur	205
8.2.3	Wasser	207
8.3	Auswirkungen auf den Menschen	209
	Weiterführende Literatur	211

9. Andere globale und lokale Luftverunreinigungen	213
9.1 Luftschadstoffe	213
9.2 Das Zusammenspiel von Sauerstoff und Kohlendioxid	213
9.2.1 Co-Evolution der Atmosphäre und der Biosphäre	213
9.2.2 Photorespiration der Pflanzen	215
9.2.3 Hyperoxämie	217
9.2.4 Erstickung	217
9.3 Kohlenmonoxid	218
9.3.1 Quellen und Senken	218
9.3.2 Aufnahme durch die Pflanzen	220
9.3.3 Das älteste Industriegift	221
9.3.4 Biochemie des Bluts und Luftverschmutzung	222
9.4 Formaldehyd	224
9.4.1 Quellen und Verwendung	224
9.4.2 Gefahren für die Gesundheit	225
9.5 Fluorwasserstoff und Fluoridionen	226
9.5.1 Allgegenwärtiges Nebenprodukt	226
9.5.2 Fluoridanreicherung in Pflanzen	227
9.5.3 Fluorose bei Tieren	229
9.5.4 Fluorose beim Menschen, Fluoridierung und Zahngesundheit	231
9.6 Organische Bleiverbindungen	232
9.6.1 Atmosphärische Quellen	232
9.6.2 Aufnahme durch den Menschen	233
9.6.3 Toxizität im Körper	233
9.7 Radon	234
9.7.1 Physikalische Eigenschaften	234
9.7.2 Aufnahme durch den Menschen und gesundheitliche Gefahren	235
9.7.3 Quellen und Schutzmaßnahmen	237
Weiterführende Literatur	238
10. Neuartige Waldschäden	239
10.1 Auftreten und Klassifizierung	239
10.2 Mögliche Ursachen	243
10.2.1 Unangemessene Forstpraxis	245
10.2.2 Saurer Regen und Bodenauswaschung	245
10.2.3 Ozon und photochemische Prozesse	246
10.2.4 Zusammenwirken verschiedener Faktoren und erhöhte Anfälligkeit für Streß und Infektionen	247
10.2.5 Ammoniumionen und übermäßiger Stickstoffeintrag	248
10.2.6 Chlorethen und Photoaktivierung	249
10.2.7 Alternative Hypothesen	250
10.2.8 Interaktion von Streß und Ethen	251
Weiterführende Literatur	252

11. Wechselwirkungen und Integration	253
11.1 Wechselwirkungen	253
11.1.1 Ein Zusammenspiel mehrerer Streßfaktoren	253
11.1.2 Synergistisch oder überadditiv?	253
11.1.3 Auswirkungen von Schadstoffkombinationen auf Pflanzen	256
11.1.4 Mechanismen der Schadstoffwechselwirkungen	257
11.1.5 Beeinträchtigen "Cocktails" auch den Menschen?	259
11.2 Integration	260
11.2.1 Modelle	260
11.2.2 Auswirkungen auf die Pflanzenwelt	260
11.2.3 Auswirkungen auf die Tierwelt	263
11.2.4 Menschen, Fische und andere Tiere	265
11.2.5 Bedeutung für die Zukunft	267
Weiterführende Literatur	268
A. Freie Radikale	269
B. Säuren, pH, pK_a und Mikroäquivalente	271
C. Glossar und Einheiten	275
Index	279