

r  
Gerard Megie

# OZON

Atmosphäre aus dem Gleichgewicht

Übersetzt aus dem Französischen  
von Peter Hiltner

Mit 24 Abbildungen

Springer-Verlag

Berlin Heidelberg New York

London Paris Tokyo

HongKong Barcelona

Budapest

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b> .....	1
1.1 Ozon und die Balance der Umwelt .....	1
1.2 Ozon, Wasserdampf und Kohlendioxid: drei lebenswichtige Bestandteile. ....	2
1.3 Die Kreisläufe der Energie und der Materie. ....	3
1.4 Der grobe Eingriff des Menschen. ....	5
<b>2. Das natürliche Gleichgewicht</b> .....	8
2.1 Eineinhalb Jahrhunderte Geschichte. ....	8
2.1.1 Die Entdeckung des Ozons. ....	9
2.1.2 Das Ozon als Filter der Sonnenstrahlung. ....	11
2.1.3 Die vertikale Struktur der Atmosphäre. ....	12
2.1.4 Das Ozon in der hohen Atmosphäre. ....	15
2.1.5 Die ersten Ozonbeobachtungsnetze. ....	16
2.1.6 Eine erste Theorie des atmosphärischen Ozongleichgewichts. ....	17
2.1.7 Die vertikale Verteilung des Ozons. ....	19
2.1.8 Die Stratosphäre - eine trockene Region. ....	22
2.2 Chemie, Dynamik und Strahlung. ....	23
2.2.1 Verschiedene Zeitskalen im Chapman-Gleichgewicht .	24
2.2.2 Höhenbereiche. ....	25
2.2.3 Heizung und Kühlung durch Strahlung. ....	26
2.2.4 Ozon als Schlüssel zur Kopplung zwischen Dynamik, Chemie und Strahlung. ....	28
2.2.5 Das Nachthimmelsleuchten. ....	29
2.2.6 Wasserstoff- und Stickstoffverbindungen. ....	30
2.2.7 Eine Teilchensorte von nur 1000 Atomen. ....	31
2.2.8 Das Gleichgewicht der Wasserstoff- und Stickstoffverbindungen. ....	32
2.3 Das natürliche Gleichgewicht der Ozonschicht. ....	34
2.3.1 Katalytische Kreisläufe. ....	34
2.3.2 Spurensubstanzen können Ozon erzeugen. ....	37
2.3.3 Eine ausgeglichene chemische Bilanz?. ....	37
2.3.4 Die Chlorverbindungen. ....	39
-> 2.3.5 Der Einfluß des Menschen. ....	41

2.3.6	Die Bewegung der Luftmassen in der Stratosphäre ...	42
2.3.7	Zeitskalen und Längenskalen . . . . .	45
2.3.8	Kenntnisse und Unsicherheiten . . . . .	46
<b>3.</b>	<b>Die Zerstörung des Gleichgewichts</b> . . . . .	<b>48</b>
3.1	Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung der Atmosphäre. . . . .	48
3.1.1	Die großen Reservoirs des Planeten . . . . .	48
3.1.2	Kohlendioxid und Kohlenstoff-14. . . . .	50
3.1.3	Die großen Klimazyklen. . . . .	52
3.1.4	Regulierung oder unkontrolliertes Wachstum? . . . . .	54
>	3.1.5 Die Rolle des Methans . . . . .	57
	3.1.6 Die Rolle der Stickstoffverbindungen . . . . .	59
—o	3.1.7 Welche <b>Luft werden wir im Jahr 2040</b> atmen? . . . . .	63
3.2	Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe und andere chlorierte Substanzen. . . . .	66
3.2.1	Ozeane und Vulkane. . . . .	66
3.2.2	Die marine Biosphäre, die einzige natürliche Chlorquelle. . . . .	67
~ <sup>y</sup>	3.2.3 Vom Menschen erzeugte Emissionen: die Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe. . . . .	68
->	3.2.4 Die Verwendung der FCKW. . . . .	70
	3.2.5 FCKW-Emissionen und -Gehalt in der Atmosphäre ...	72
—>	3.2.6 Bilanz . . . . .	73
3.3	Das Ozon in der Troposphäre. . . . .	74
3.3.1	Lufteinsickerungen aus der Stratosphäre in die Troposphäre. . . . .	74
3.3.2	Quellen und Senken des Ozons in der Troposphäre ...	75
3.3.3	Das Ozon nimmt in der Troposphäre zu. . . . .	77
3.3.4	Stickstoffoxide, Kohlenwasserstoffe und Sonnenstrahlung . . . . .	78
3.3.5	Freie Radikale als Reinigungsmittel der Troposphäre .	79
3.3.6	Die Troposphäre als Ozonquelle. . . . .	79
3.4	Das Ozon in der Stratosphäre: Abnahme oder Status quo? ....	81
3.4.1	Eine bedeutende natürliche Variabilität. . . . .	81
3.4.2	Experimente und Modelle. . . . .	82
3.4.3	Vom Boden zu Satelliten. . . . .	84
3.4.4	Die Beobachtungsstationen. . . . .	89
3.4.5	Die Satelliten. . . . .	91
3.4.6	Instrumentelle Abweichungen. . . . .	92
3.4.7	Probleme beim Nachweis der Ozonabnahme. . . . .	94
3.4.8	Bestandsaufnahme. . . . .	96
3.4.9	Änderungen in der vertikalen Ozonverteilung . . . . .	98

3.4.10	Eine endgültige Schlußfolgerung oder ein Bündel unbewiesener Vermutungen? . . . . .	99
3.5	Rapide Ozonabnahme am Südpol . . . . .	100
3.5.1	Ozonmessungen seit 1957. . . . .	101
—> 3.5.2	Eine rapide Abnahme. . . . .	103
3.5.3	Grenzen der Satellitenbeobachtung. . . . .	104
3.5.4	Der südpolare Wirbel . . . . .	105
3.5.5	Sehr niedrige Temperaturen. . . . .	107
3.5.6	Wolken in zwanzig Kilometer Höhe. . . . .	108
3.5.7	Generalmobilmachung. . . . .	109
3.6	Theorien auf dem Prüf stand der Beobachtung.....	109
3.6.F	Der Sonnenzyklus. . . . .	110
3.6.2	Dynamische Theorien. . . . .	110
3.6.3	Chemische Theorien. . . . .	112
3.6.4	Bedeutende Mengen an chemisch aktivem Chlor. . . . .	113
3.6.5	Die heterogene Chemie verschiebt die Balance. . . . .	113
3.6.6	Welche experimentellen Beweise gibt es? . . . . .	115
3.6.7	Eine reiche Ernte von Meßwerten. . . . .	117
3.6.8	Die natürliche Variabilität der polaren Stratosphäre ...	118
3.6.9	Globale Konsequenzen. . . . .	119
—? 3.6.10	Der Nordpol. . . . .	120
<b>4.</b>	<b>Die Wiederherstellung des Gleichgewichts. . . . .</b>	<b>123</b>
4.1	Vorhersagen oder Wette über die Zukunft? . . . . .	123
4.1.1	Reaktionen und Gegenreaktionen. . . . .	124
—> 4.1.2	Ein plausibles Entwicklungsszenario. . . . .	125
4.1.3	Vorhersehbare globale Wirkungen. . . . .	126
4.1.4	Mittlere und polare Breiten. . . . .	128
4.1.5	Die ultraviolette Strahlung . . . . .	131
4.1.6	Die thermische Bilanz der Erde. . . . .	132
4.1.7	Vorhersage oder Wette? . . . . .	133
4.2	Ijejr Mensch, das Klima und die Biosphäre. . . . .	134
(	Klimatische und biologische Folgen . . . . .	135
	Der Treibhauseffekt und die Erhöhung der Oberflächentemperatur. . . . .	136
4.2.3	Der Treibhauseffekt und die Erhöhung des Meeresspiegels. . . . .	137
<3k24~^)	Veränderungen der Klimazonen und der Ökosysteme der Erde. . . . .	139
^S~	der Erde. . . . .	139
4.2.5	Die Umverteilung der landwirtschaftlichen Zonen ....	140
4.2.6	Eine neue ökonomische Situation. . . . .	141
4.2.7	Die Biosphäre und die ultraviolette Strahlung . . . . .	143
4.2.8	Die Unkenntnis der Dosis-Wirkung-Beziehung . . . . .	143
4.2.9	Hautrötungen, Krebs und Starkerkrankungen. . . . .	144

**XII Inhaltsverzeichnis**

4.2.10	Immunabwehr und genetische Mutationen . . . . .	.146
4.2.11	Auch Pflanzen sind bedroht . . . . .	.147
4.2.12	Direkte Auswirkungen in der niederen Atmosphäre . . .	.147
4.2.13	Die Verarmung der Tier-und Pflanzenwelt . . . . .	.149
4.3	Lösungswege: von der Concorde zum Protokoll von Montreal . . . . .	.150
4.3.1	Die ersten Alarmrufe . . . . .	.150
4.3.2	1976 bis 1980: die ersten freiwilligen Maßnahmen . . .	.151
4.3.3	Ein konzentrierter Weltmarkt . . . . .	.152
4.3.4	Die erste internationale Konferenz: die Übereinkunft von Wien . . . . .	.153
j, 4.3.5	Das Ozone Depleting Potential oder Wie mißt man die Schädlichkeit der FCKW? . . . . .	.156
4.3.6	Das Protokoll von Montreal: beispielhaft oder ungenügend? . . . . .	.157
4.3.7	Die Reglementierung der FCKW . . . . .	.158
4.3.8	Die doppelt angeklagten FCKW . . . . .	.161
4.4	Ein gemeinsamer Kampf zur Rettung des Planeten . . .	.162
4.4.1	Die Wissenschaftler und das Studium der Erde . . . . .	.164
4.4.2	Die Industriellen und die Forschung nach Ersatzstoffen . . . . .	.166
4.4.3	Die Erde schützen . . . . .	.169
	<b>Bibliographie . . . . .</b>	<b>.173</b>
	<b>Stichworterklärung . . . . .</b>	<b>.175</b>