

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	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
2. Das natürliche Gleichgewicht	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
3.	Die Zerstörung des Gleichgewichts	48
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
3.1.7	Welche Luft werden wir im Jahr 2040 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
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 Prüfstand der Beobachtung	109
3.6.1	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
4.	Die Wiederherstellung des Gleichgewichts	123
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	Der Mensch, das Klima und die Biosphäre	134
4.2.1	Klimatische und biologische Folgen	135
4.2.2	Der Treibhauseffekt und die Erhöhung der Oberflächentemperatur	136
4.2.3	Der Treibhauseffekt und die Erhöhung des Meeresspiegels	137
4.2.4	Veränderungen der Klimazonen und der Ökosysteme 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 Starerkrankungen	144

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
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

Bibliographie	173
----------------------------	-----

Stichworterklärung	175
---------------------------------	-----