

# Ozonbulletin des Deutschen Wetterdienstes



Ausgabe Nr. 70, Erscheinungstermin: 27. Oktober 1999

## Wie entwickelt sich die Chlorbelastung der Stratosphäre?

Immer wieder hört man, das Problem des stratosphärischen Ozonabbaus sei ja mehr oder weniger gelöst, da die Emissionen der wichtigsten Chlorquellgase, der FCKW, aufgrund der internationalen Abkommen (Montreal Protokoll) drastisch reduziert worden seien. Ist dies wirklich so? Der Einfluß des anthropogenen Chlors in der Stratosphäre manifestiert sich seit etwa 1980 am deutlichsten im antarktischen Frühling, wenn in einer Höhe zwischen etwa 12 und 21 km praktisch das gesamte Ozon abgebaut wird (Ozonloch). Dies geschieht durch chemische Reaktionen, die durch Chlorradikale katalysiert werden. Wie sah nun die Chlorbelastung um 1980 herum aus, wie hoch ist sie heute und wann werden die Werte von 1980 in der Stratosphäre voraussichtlich wieder erreicht?

Seit etwa 1978 wurden regelmäßige Messungen der Vertikalverteilung von FCKW in der Stratosphäre über Mitteleuropa durchgeführt. Diese Messungen wurden vom Forschungszentrum Jülich und später von der Universität Frankfurt, u.a. mit Mitteln des gerade abgelaufenen Deutschen Ozonforschungsprogramms (OFP) durchgeführt. Abbildung 1 zeigt die Meßergebnisse für das wichtigste Chlorquellgas F12 ( $\text{CCl}_2\text{F}_2$ ) für die unterste Stratosphäre (ca. 13 km Höhe) und für 19, bzw. 21 km Höhe. F12 ist mit ca. 30% am Gesamtchloreintrag das bedeutendste Chlorquellgas und ist eines der wenigen sich noch im Anstieg befindender FCKW. Dies ist zum einen durch seine lange Lebenszeit (ca. 100 Jahre), zum anderen aber auch durch die noch vorhandenen Reservoirs, aus denen es langsam freigesetzt wird (sogenanntes "banking"), verursacht. Deutlich ist allerdings eine Verlangsamung der Anstiegsrate in den beiden unteren Schichten zu sehen. Dies ist durch die Reduktion der Emissionen verursacht und wird sich auch in

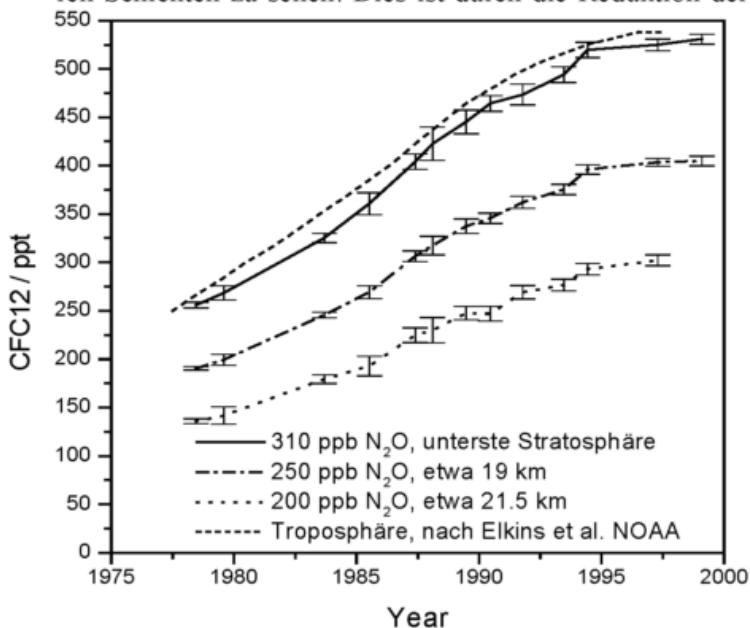


Abb. 1: Beobachtete zeitliche Entwicklung von F12 in verschiedenen Höhenbereichen. Um dynamische Effekte zu eliminieren wurde  $\text{N}_2\text{O}$  als Referenzsubstanz verwendet.

höhere Höhen fortsetzen und – bei weiterer Reduktion der Emissionen entsprechend den internationalen politischen Vereinbarungen – auch zu einer Umkehr des Trends führen. Wann dies in der mittleren Stratosphäre tatsächlich geschieht hängt von der Zeitverzögerung beim Transport der FCKW von den Quellen in der Troposphäre zum Meßort in der Stratosphäre ab. Für die winterliche polare Stratosphäre liegt diese Zeit bei etwa 5 Jahren (in 20 km Höhe). Diese Transportzeit muß in zweierlei Hinsicht berücksichtigt werden. So ist zum einen das Ozonloch erstmals um 1980 aufgetreten. Zu diesem Zeitpunkt war die Chlorbelastung dort aber noch auf einem Niveau das etwa 5 Jahre vorher, also etwa 1975, in der Troposphäre beobachtet wurde. Abbildung 2 zeigt die unter Berücksichtigung der Zeitverzögerung (für unterschiedliche Höhen ist diese

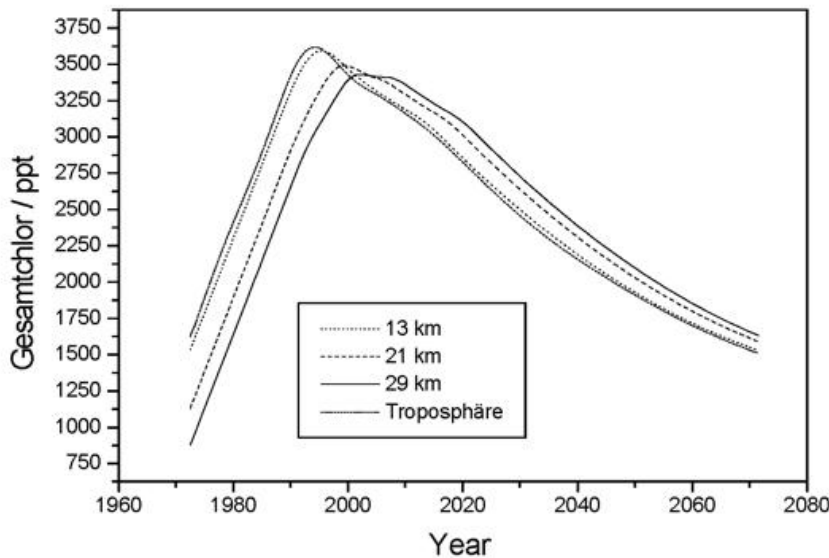


Abb. 2: Berechnete Chlorverteilung in der Stratosphäre. Vergangene Trends wurden mit Hilfe der troposphärischen Messungen unter Berücksichtigung der Transportzeiten berechnet, für zukünftige Trends wurden Annahmen über Emissionen zugrunde gelegt.

natürlich nicht gleich) berechnete Chlorbelastung und die berechnete zukünftige Entwicklung (basierend auf dem Basis Szenario der WMO, 1998). Im Jahr 1980 waren demnach in der winterlichen polaren Stratosphäre in ca. 20 km Höhe etwa 1.8

ppb Chlor vorhanden. Dieser Wert wird erst gegen 2060 wieder erwartet. Würde man nur die troposphärischen Werte betrachten, würde man fälschlicherweise berechnen, dass die Werte von 1980 bereits gegen 2030 wieder erreicht würden.

Es ist also – unter der Annahme, dass die Emissionen weiter wie vorgesehen reduziert werden – zu erwarten, daß die Chlorbelastung der Stratosphäre erst in 60 Jahren wieder auf Werte abgesunken ist, wie sie vor der Entstehung des Ozonlochs vorhanden waren. Dies ist allerdings auch dann noch kein Grund zur Entwarnung. Der Gehalt bromierter Substanzen (z.B. der Halone) nimmt in der Atmosphäre weiterhin zu. Diese Gase haben (pro Molekül) ein etwa 50-faches Potenzial zur Ozonerstörung verglichen mit Chlorspezies. Auch die in den letzten Jahren beobachtete Tendenz zur Abkühlung der Stratosphäre wird aller Voraussicht nach zu einem verzögerten Rückgang oder zwischenzeitlich sogar zu einem stärkeren Ozonabbau vor allem in der Nordhemisphäre führen.

So bleibt zusammenzufassen, dass zwar die Chlorbelastung der Atmosphäre zurückgeht, dies aber ein sehr langwieriger Prozess ist und auch eine weitere Reduktion der Emissionen notwendig ist. Würden die Emissionen auf dem heutigen Niveau bleiben würden die Werte von 1980 nie erreicht werden, sondern sich die Chlorbelastung auf einem Niveau von etwa 2.8 ppb Chlor – deutlich höher als der Wert von etwa 1.8 ppb des Jahres 1980 - stabilisieren. Eine weitere Überwachung und Messung dieser Substanzen – sowohl in der Troposphäre als auch in der Stratosphäre – ist deswegen geboten.

*Andreas Engel & Ulrich Schmidt, Inst. f. Meteorologie der Universität Frankfurt a. M.*

#### MONATSTATISTIK GESAMT-OZON FÜR SEPTEMBER 1999

Witterungsbedingt lagen fast überall die Gesamtozonwerte in diesem spätsommerlichen September mit bis zu -4% deutlich unter den langjährigen Mittelwerten.

Station	Mittel 9/1999	Langjähriges Mittel	Max. Jahr	Min. Jahr	Sigma
Hohenpeißenberg	286	297	336 1969	278 1997	± 9,9
Potsdam	288	301	334 1978	281 1992	±11,6
Arosa (CH)	287	296	333 1931	273 1992	± 10,9
Hradec Kralove (CZ)	286	299	318 1990	282 1992/97	± 9,5
Uccle (B)	293	293	309 1994	273 1997	± 9,1

Die Angaben sind in Dobson Einheiten [D.U.]; 300 D.U. entsprechen 3 mm Ozonschichtdicke (reduziert).