

Ozonbulletin des Deutschen Wetterdienstes



Ausgabe Nr. 104, Erscheinungstermin: 4. Mai 2005

Ungewöhnliche kalte Stratosphäre verursacht starke Ozonverluste im arktischen Winter 2004/2005

Am 16. Mai 1985 wurde die Entdeckung des antarktischen Ozonlochs publiziert. Zweieinhalb Jahre später konnte mit dem Montrealer Protokoll der Grundstein für den Ausstieg aus der Produktion vollhalogener Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) und bromhaltiger Halone gelegt werden. Inzwischen werden diese Substanzen weltweit praktisch nicht mehr produziert. Seit der Jahrtausendwende nimmt ihre Konzentration auch in der Stratosphäre ab. Halten sich alle Vertragsstaaten strikt an die internationalen Vereinbarungen, so sollte in einem halben Jahrhundert ein Großteil dieser Gase aus der Atmosphäre verschwunden sein. Kann das Thema „polarer anthropogener Ozonabbau“ damit bald als erledigt zu den Akten gelegt werden?

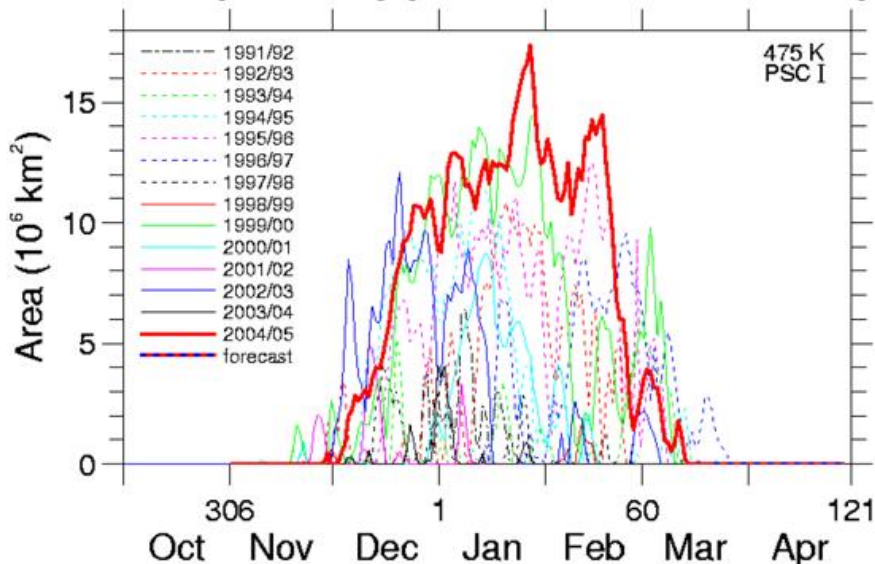


Abbildung 1: Geografische Ausdehnung des Bereichs mit PSC-Bedingungen in der Stratosphäre bei 475 K potentieller Temperatur (ca. 18 km Höhe) während der vergangenen 14 arktischen Winter.

Nein! Im arktischen Winter 2004/2005 wurden mit die stärksten jemals dokumentierten Ozonverluste in der Arktis gemessen - ganz entgegen dem Trend der bereits leicht abgesunkenen Halogenbelastung. Das Ausmaß arktischer Ozonverluste in einem Winter wird nämlich stark von den meteorologischen Bedingungen bestimmt. Je kälter es im Winter in der Stratosphäre wird, desto mehr Ozonabbau läuft in den Monaten Januar bis März ab. Der entscheidende Prozess ist die Bildung aggressiver, ozonzerstörender Chlornradikale aus den ansonsten recht passiven Abbauprodukten der FCKWs. Dieser Bildungsprozess läuft auf der Oberfläche von Partikeln und Tröpfchen in Polaren Stratosphärischen Wolken (PSC) ab. Diese PSCs können sich erst bei Temperaturen unterhalb von etwa -78 Grad Celsius bilden. Durch Messungen seit Anfang der neunziger Jahre konnten wir zeigen, dass der gesamte chemische Ozonabbau eines Winters sehr gut mit der über den Winter gemittelten geografischen und vertikalen Ausdehnung (ausgedrückt als mittleres Volumen, VPSC) derjenigen Bereiche korreliert, in denen die Bedingungen kalt genug für die Existenz von PSCs waren. Durch die stark schwankenden stratosphärischen Temperaturen im arktischen Winter ist VPSC von Jahr zu Jahr sehr unterschiedlich. Es schwankte während der letzten 40 Jahre zwischen 0 und 38 Millionen Kubikkilometern. Während des letzten Jahrzehnts variierte der arktische Ozonverlust damit zwischen 0 und 100 Dobson Einheiten. Diese Bandbreite wurde praktisch ausschließlich durch die meteorologisch getriebene Schwankung von VPSC verursacht. Die langsame Variation der stratosphärischen Chlorbelastung spielt vor dem Hintergrund dieser gewaltigen Temperaturschwankungen zur Zeit keine Rolle.

Abbildung 1 zeigt den zeitlichen Verlauf der geografischen Ausdehnung von PSC-Bedingungen (APSC, ein horizontaler Schnitt durch VPSC) während der letzten 14 arktischen Winter. Über lange Perioden während des Winters 2004/2005 war APSC größer als jemals zuvor in den letzten 40 Jahren (in der Abbildung sind nur die letzten 14 Jahre gezeigt). Im Rahmen des Europäischen Projekts SCOUT-O3 wurde der chemische Ozonverlust während des Winters 2004/2005 mit verschiedenen Ansätzen gemessen. Die genaue Auswertung der Daten dauert noch an. Schon jetzt ist aber klar, dass im Bereich der maximalen Ozonkonzentration, in etwa 18 km Höhe, mehr als die Hälfte des Ozons chemisch zerstört wurde. Insgesamt wird der chemische Verlust in der Gesamtozonsäule auf mindestens 30% geschätzt. Damit ist der Verlust in einzelnen Höhenschichten etwa so stark wie im bisherigen Rekordwinter 1999/2000. In der Gesamtsäule wird dies vermutlich übertroffen.

Durch den starken chemischen Verlust während des Winters blieb die normale saisonale Zunahme der arktischen Ozonschichtdicke 2004/2005 im Frühjahr weitgehend aus. Im Frühjahr war die Ozonschicht im Bereich des Polarwirbels noch fast genauso dünn wie im Herbst. Sie war mindestens 100 DU dünner, als sie es ohne chemischen Abbau in dieser Jahreszeit gewesen wäre. In der zweiten Märzhälfte driftete ein Ausläufer des Polarwirbels über Mitteleuropa und schichtete sich über einen Bereich, in dem die Ozonschicht durch natürliche dynamische Effekte in der untersten Stratosphäre zufällig sowieso gerade sehr dünn war. Das Aufeinandertreffen dieser Ereignisse erhöhte die UV-B Belastung deutlich. Von Großbritannien bis nach Norditalien musste schon sehr früh im Jahr vor Sonnenbrand gewarnt werden.

Der Winter 2004/2005 illustriert eindrücklich, dass das Schicksal der arktischen Ozonschicht während der nächsten Jahrzehnte stark von der zukünftigen Entwicklung der stratosphärischen Temperatur abhängen wird. Dabei ist es von besonderer Bedeutung, dass die ungewöhnlich tiefen Temperaturen im arktischen Winter 2004/2005 kein singuläres Ereignis waren. Die Situation im Winter 2004/2005 stellt den vorläufigen Höhepunkt einer langfristigen Entwicklung über die letzten 40 Jahre dar: Über diesen Zeitraum sind die kalten arktischen Winter kontinuierlich kälter geworden. Die jeweils in einer Fünf-Jahres Periode erreichten Maximalwerte von VPSC haben sich über die letzten vier Jahrzehnte kontinuierlich vergrößert. Der VPSC-Wert des Winters 2004/2005 war nun sogar viermal größer als jemals während der sechziger oder frühen siebziger Jahre des letzten Jahrhunderts. Er setzt den Trend zu kälteren stratosphärischen Wintern mit größeren VPSC Werten linear fort.

Diese Abkühlung der Stratosphäre ist qualitativ konsistent mit dem direkten Strahlungseffekt einer Erhöhung der Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre. Aber der Zusammenhang zwischen Treibhauseffekt und stratosphärischer Temperatur im polaren Winter wird durch zur Zeit noch schlecht verstandene dynamische Effekte kompliziert. Es ist nicht klar, ob es in der Zukunft zu einer weiteren Abkühlung oder gar einer Erwärmung kommen wird. Vorhersagen gekoppelter Chemie/Klimamodelle reichen von der Prognose einer dramatischen Abkühlung bis hin zu einer leichten Erwärmung. Sollte sich die beobachtete Abkühlung in den nächsten Jahrzehnten fortsetzen, ist trotz der langsamen Abnahme der stratosphärischen Halogenbelastung mit weiter zunehmenden arktischen Ozonverlusten zu rechnen.

Markus Rex, Peter von der Gathen, Alfred Wegener Institut für Polar- und Meeresforschung, Potsdam

Monatsstatistik Gesamt-Ozon für Januar/Februar 2005

In diesen beiden Wintermonaten ergibt sich kein homogenes Bild für die mitteleuropäische Ozonschicht. Die Abweichungen reichen von -11% in Arosa bis +3% in Lindenberg im Januar sowie von -7% in Hradec Kralove bis +2% am Hohenpeißenberg im Februar.

Station	Mittel 01/02.2005	langjährige Mittel	Max.	Jahre	Min.	Jahre	Sigma
Hohenpeißenberg	313/365	328/357	369/423	79/70	281/302	93/93--	±22,8/29,8
Lindenberg (Brewer)	340/361	331/363	381/425	86/70	273/298	92/93	±23,8/27,0
Arosa (CH)	300/354	336/361	399/422	42/69	278/295	93/93	±24,4/26,4
Hradec Kralove (CZ)	313/345	339/371	410/433	68/70	282/301	92/93	±26,0/30,0
Uccle (B)	318/353	327/350	366/387	86/97	272/287	92/93	±22,0/22,5

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