

Ozonbulletin des DWD

Nr. 125, 5. Februar 2010



W. Steinbrecht

Meteorologisches Observatorium Hohenpeißenberg

wolfgang.steinbrecht@dwd.de

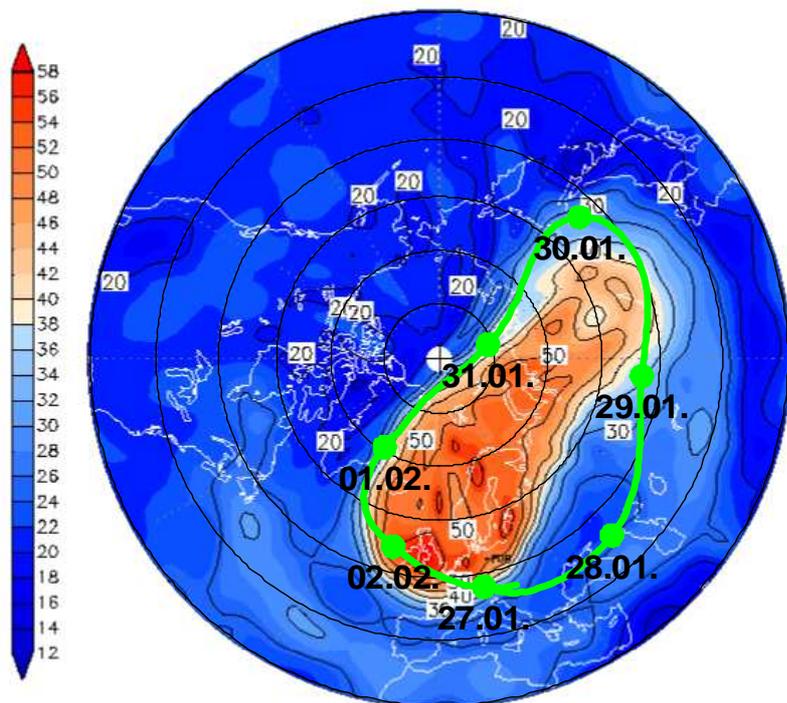
P. von der Gathen, M. Rex, H. Deckelmann

Alfred-Wegener-Institut Potsdam

Ozonsondierungs-Match im Polarwirbel über Deutschland

Nicht nur am Boden hat dieses Jahr der Winter Deutschland fest im Griff. Auch in der Stratosphäre sorgt der arktische Polarwirbel für „winterliche“ Bedingungen. Seit Mitte Dezember war es kalt genug für die Bildung von Polaren Stratosphärenwolken (PSCs). Auf deren Oberfläche werden bekanntlich inaktive Chlorverbindungen in reaktives Chlor umgewandelt, das dann unter Sonnenlicht zu schnellem chemischen Ozonabbau führt (vgl. Bulletin Nr. 104/2005). Ende Januar verformte und verlagerte sich der kalte Polarwirbel vom Pol weg. Am 31. Januar reichte er von Frankreich über Skandinavien bis ins östliche Sibirien. In Abb. 1 ist diese Lage deutlich erkennbar anhand der rot eingefärbten Bereiche mit hoher potentieller Vortizität („Wirbelstärke“). Über England und Holland wurden PSCs beobachtet. Der Wirbel lag dabei auch über Deutschland, reichte sogar bis an die Alpen. Dies ist nicht allzu außergewöhnlich, solche Situationen kommen immer wieder vor.

Bemerkenswert ist dagegen die grüne Luftmassentrajektorie in Abb. 1. Sie zeigt den berechneten Weg einer Luftmasse, deren Ozongehalt am 27.1. über Hohenpeißenberg gemessen wurde. Die Luftmasse umrundete den Polarwirbel und traf eine Woche später, am 3.2. wieder über Hohenpeißenberg ein! Auch jetzt wurde mit einer zweiten Ozonsonde der Ozongehalt „unserer“ Luftmasse gemessen. Ganz zufällig waren diese Ozonsonden-Starts natürlich nicht, denn auch in diesem Winter wird vom Alfred-Wegener-Institut in Potsdam (AWI) eine „Match“ Kampagne koordiniert. Seit



1992 vermessen Match Kampagnen den photochemischen Ozonabbau im arktischen Polarwirbel und dokumentieren die langfristige Entwicklung dieser Klimakomponente (vgl. Bulletin Nr. 91/2003). Das Prinzip ist immer das gleiche: Wenn Luftmassen aus dem stratosphärischen Wirbel eine Station erreichen, raten die AWI Koordinatoren zu einem Ozonsondenstart. Anhand von Trajektorienberechnungen wird dann vorhergesagt, ob und wann eine bereits vermessene Luftmasse wieder über einer Sondierungsstation ankommt. Dann wird dort gezielt eine zweite Ozonsonde zur erneuten Vermessung der Luftmasse gestartet. Der Vergleich der beiden Ozonmessungen zeigt, ob und wie viel Ozon inzwischen abgebaut wurde. Dazu machen die Trajektorienangaben Aussagen über die meteorologischen und photochemischen Randbedingungen. Natürlich gibt es einige Unsicherheiten: Einzelne Ozonsonden messen nur auf ein paar Prozent genau. Die Tra-

Abb. 1. Momentaufnahme der potentiellen Vortizität (in $10^6 (K m^2)/(kg s)$) auf der 475 K Isentrope (ca. 19 km bzw. 60 hPa Fläche) für den 31.1.2010, 12 UT auf der Nordhalbkugel. Abbildung von der FU-Berlin (<http://www.geo.fu-berlin.de/en/met/ag/strat/produkte>). Grün: Zeitliche Entwicklung einer Vorwärtstrajektorie mit Beginn am 27.1., 17:00 UT in 18 km Höhe über Hohenpeißenberg (<http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php>). Die Trajektorie erreicht am 3.2., 06:30 UT wieder Hohenpeißenberg, in ca. 18 km Höhe. Punkte geben die Luftmassenposition um 17:00 UT für den jeweiligen Tag an.

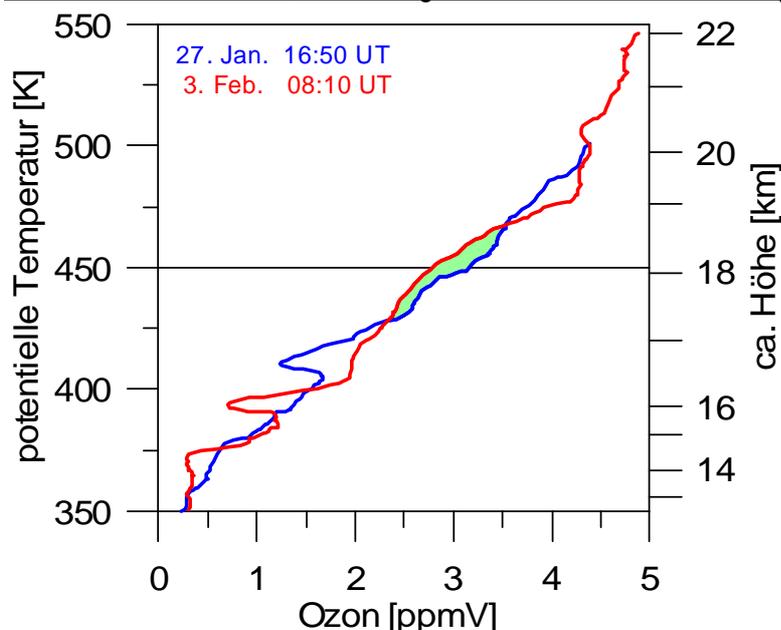


Abb. 2. Ozonmischungsverhältnis als Funktion der potentiellen Temperatur (\approx Höhe) für die Hohenpeißenberger Ozonsondierungen vom 27. Januar 2010 und 3. Februar 2010. Die angegebenen Zeiten gelten für das Erreichen der 450 K Isentrope. Zwischen 425 K und 475 K haben beide Sonden wahrscheinlich dieselbe Luftmasse, aber mit einer Woche Abstand vermessen. Die grüne Fläche würde dann chemischen Ozonabbau in dieser Zeit anzeigen. Die erste Sondierung ist um 3 K nach unten verschoben, um das diabatische Absinken in etwa auszugleichen.

januar um 17 Uhr (UT) Hohenpeißenberg in 18 km Höhe überflog, einmal den Polarwirbel umrundete, und nach einer Woche, am 3. Februar um 7 Uhr (UT) wieder in 18 km Höhe über Süddeutschland ankam. Genau zu diesen Terminen wurden am Hohenpeißenberg zwei Ozonsonden gestartet. Ihre Ozonprofile sind in Abb. 2 zu sehen. Mit Sicherheit wurde nicht in allen Höhen von beiden Sonden dieselbe Luftmasse vermessen. Im Höhenbereich der geschlossenen Trajektorie von Abb. 1, d.h. zwischen 425 K und 475 K, zeigte jedoch die zweite Sondierung durchgehend verringerte Ozonwerte (grüne Fläche in Abb. 2). Mit großer Wahrscheinlichkeit haben wir hier photochemischen Ozonabbau durch aktiviertes Chlor aus dem Polarwirbel beobachtet! Bei 450 K lagen die Ozonwerte bei der zweiten Sondierung um rund 0.2 ppmV niedriger als bei der ersten. Der Unterschied ergibt eine Ozonabbaurate von 30 ppb pro Tag. Nach den Trajektorienberechnungen war die Luftmasse 42 Stunden der Sonne ausgesetzt. Pro Sonnenstunde läge die Ozonabbaurate damit bei 5 ppb. Diese Abbauraten liegen durchaus im Bereich dessen, was anhand von Hunderten von Ozonsondierungen in früheren Match Kampagnen gemessen wurde. Abhängig von der weiteren Entwicklung des Polarwirbels ist auch in diesem Jahr mit weiterem Ozonabbau durch Chlor in der arktischen Stratosphäre zu rechnen.

jektorienberechnungen sind ebenfalls nicht beliebig genau, und werden mit zunehmendem Abstand immer schlechter. Kleinräumige Strukturen, z.B. am Rande des Polarwirbels, werden von den meteorologischen Analysen nicht erfasst und fehlen in den Trajektorien- und Daten völlig. Luftpakete bleiben nicht kompakt, sondern vermischen sich, u.s.w. Zum Glück mitteln sich die meisten Fehler heraus, wenn man viele Matches statistisch zusammenfasst. In einem typischen Match Winter werden deswegen Hunderte von Ozonsonden gestartet und ausgewertet.

Die Auswertung eines einzelnen Matches ist dagegen problematisch, die Fehlerbalken sind groß. Dennoch wollen wir in Abb. 2 den seltenen Fall untersuchen, dass Hohenpeißenberger Ozonsonden zweimal innerhalb einer Woche den Ozongehalt derselben Luftmasse vermessen konnten. In Abb. 1 zeigte bereits die grüne Trajektorie eine Luftmasse, die am 27. Ja-

MONATSSTATISTIK GESAMT-OZON FÜR AUGUST BIS DEZEMBER 2009

Station	Gesamtozonmittel in D.U. und Abweichung vom langjährigen Mittel in %									
	August		September		Oktober		November		Dezember	
Hohenpeißenberg	298	-5.40	294	-1.01	280	-0.36	282	+0.00	323	+7.67
Lindenberg	300	-6.83	290	-3.65	285	-1.72	279	-3.13	332	+8.85
Arosa (CH)	288	-6.80	287	-2.05	277	-1.42	274	-3.86	319	+4.93
Hradec Kralove (CZ)	301	-5.94	289	-3.34	280	-1.75	280	-3.45	337	+9.77
Uccle (B)	302	-3.82	295	+0.68	276	-2.47	298	+3.83	329	+8.58

Der Dezember hebt sich als kalter Wintermonat nicht nur bei der Witterung, sondern an allen Stationen mit einem Ozon-Plus im fast zweistelligen Prozentbereich von den Vormonaten deutlich ab. Vor allem im August zeigten dagegen alle Stationen Ozondefizite.