

Ozonbulletin des Deutschen Wetterdienstes



Ausgabe Nr. 61, Erscheinungstermin: 28. Januar 1999

Extreme Schichtungen im Ozonprofil

Der Blick auf Mittelwerte und Klimatologien erweckt manchmal den Eindruck, daß das stratosphärische Ozonprofil eine ausgesprochen glatte Funktion der Höhe ist. Vor allem im Winter und Frühjahr ist dies aber keineswegs der Fall. Vielmehr treten in den meisten Profilen ausgeprägte Schichtstrukturen auf. Zwei besonders auffällige Beispiele wurden im Januar 1999 an den DWD-Observatorien Lindenberg und Hohenpeißenberg gemessen (Abb. 1). Beim Lindenerger Aufstieg vom 12. Januar fällt das bei 15 km äußerst tief liegende Ozonmaximum ins Auge. Normalerweise findet man den maximalen Ozonpartialdruck erst in 22 km Höhe. Dort zeigt das Profil dagegen einen bemerkenswerten Einbruch, der bis in 25 km Höhe reicht. Der Hohenpeißenberger Aufstieg vom Folgetag bestätigt die niedrigen Werte zwischen 20 und 23 km Höhe und weist bei 15 km sogar noch ein weiteres Ozonminimum auf.

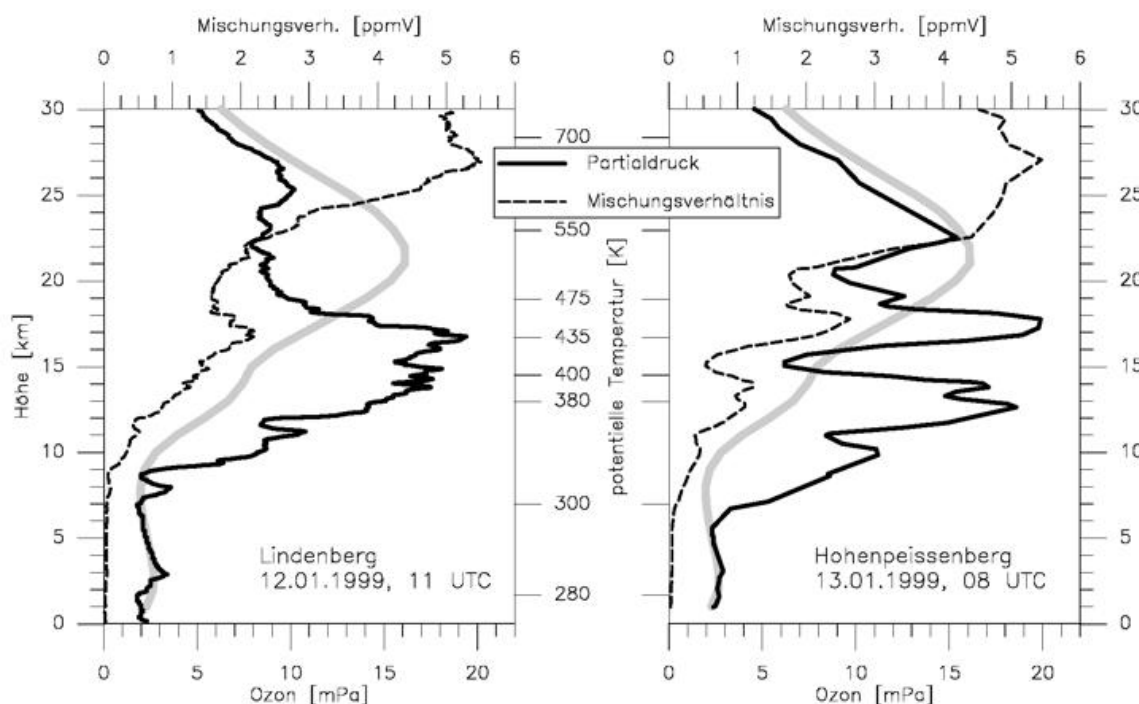


Abb. 1: Zwei Ozonsondierungen vom Januar 1999 mit besonders auffälliger Schichtstruktur. Gezeigt sind Ozonpartialdruck (durchgezogen) und Mischungsverhältnis (gestrichelt). Zur Orientierung geben die unterlegten grauen Kurven das langjährige Januarmittel des Ozonpartialdrucks für Hohenpeißenberg an.

Wie entstehen solche komplexen Strukturen? Als erstes bietet sich ein Blick in übliche Stratosphärenwetterkarten an. Leider ist deren räumliche Auflösung recht grob und so helfen sie zur Interpretation der beobachteten dünnen Schichten nicht viel weiter. In den letzten Jahren wurden aber Rechentechniken entwick-

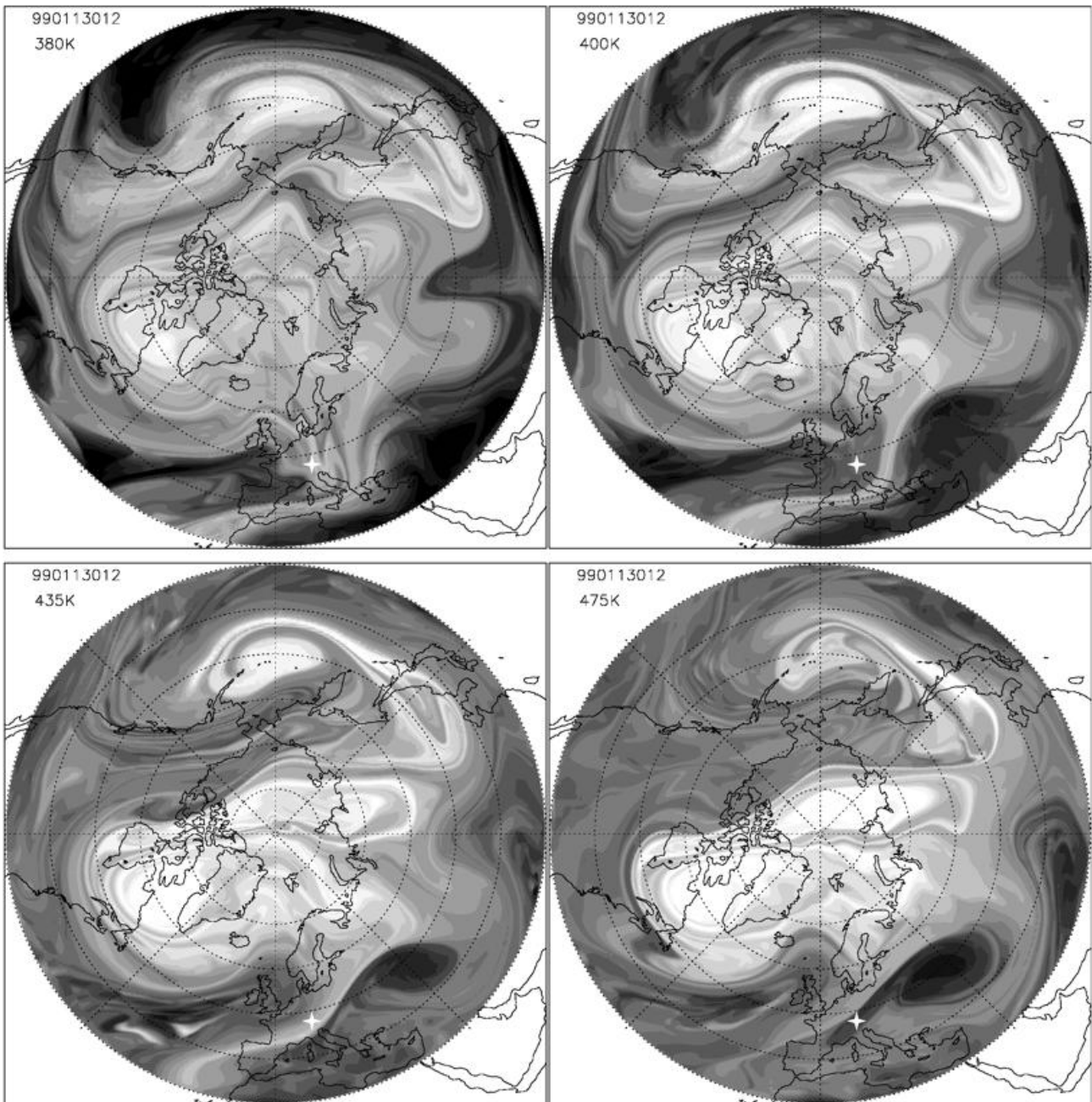


Abb. 2: Potentielle Vorticity für vier Flächen konstanter potentieller Temperatur für den 13. Januar 1999. Die gezeigten potentiellen Temperaturen, 380, 400, 435 und 475 K, entsprechen Höhen von etwa 13, 15, 17 und 19 km (vgl. Abb. 1). Hohe Vorticity ist hell dargestellt, niedrige dunkel. Die Markierung am unteren Bildrand zeigt die Lage von Hohenpeißenberg. Berechnung der Karten durch Service d'Aéronomie CNRS. Farbabbildungen im Internet: http://www.dwd.de/research/mohp/hp2/oz_start.htm oder [ftp://ftp.aero.jussieu.fr/outgoing/metro/filament/...](ftp://ftp.aero.jussieu.fr/outgoing/metro/filament/)

kelt, die eine wesentlich bessere Auflösung erlauben (Domain Filling Trajectories, Contour Advection Techniques). Nach einem solchen Verfahren erzeugt der französische Service d'Aéronomie des Centre National de Recherche Scientifique (CNRS) im Rahmen des europäischen METRO Projekts (Meridional Transport of Ozone in the Lower Stratosphere), einem Teil des Third European Stratospheric Experiment on Ozone (THESEO), für den Winter 1998/99 routinemäßig hochauflösende Stratosphärenkarten. Abbildung 2 zeigt diese Karten für den 13. Januar 1999 (12 UTC).

Hier sei eine Erklärung eingeschoben: Die potentielle Temperatur eines Luftpakets ist diejenige Temperatur, die das Paket erreichen würde, wenn man es adiabatisch auf 1000 hPa komprimiert, zum Beispiel durch Transport von der Stratosphäre auf Meereshöhe. Adiabatische Auf- und Abbewegungen ändern die potentielle Temperatur nicht. Stratosphärische Luftpakete bewegen sich auf Flächen konstanter potentieller Temperatur, weswegen die potentielle Temperatur oft als Höhenkoordinate verwendet wird. Die potentielle Vorticity PV, hingegen, ist ein Maß für die "Wirbelstärke" eines Luftpakets. Die höchsten PV-Werte werden im Zentrum des winterlichen Polarwirbels gefunden (in Abb. 2 zwischen der Südspitze Grönlands und dem Kanadischen Festland). Die niedrigsten PV-Werte treten am Äquator auf. Für stratosphärische Luftpakete und für Zeitskalen von einigen Tagen sind potentielle Temperatur und PV Erhaltungsgrößen (Energie- und Drehimpulserhaltung), d.h. Luftpakete nehmen beim Transport ihre potentielle Temperatur und Vorticity mit. Abgesehen vom unnatürlich schnellen, photochemischen Abbau im "Ozonloch" ist Polarluft, mit hoher PV, in der unteren Stratosphäre normalerweise ozonreich. Tropenluft, mit niedriger PV, ist dagegen ozonarm.

Zurück zu unseren Schichten. Die winterliche polare Stratosphäre von Abbildung 2 gleicht einer Tasse Kaffee, in die kalte "Milch" (mit hoher PV) gegossen wird und die dann umgerührt wird. Hier, wie dort, entstehen ausgeprägte Wirbel und Schlieren. Letztere werden in der Stratosphäre als Filamente oder Laminae bezeichnet. Wie Abbildung 2 zeigt, lag am 13. Januar eine komplexe dreidimensionale PV-Verteilung vor, die sich über Mitteleuropa durch eine ausgeprägte Schichtung von Luftmassen unterschiedlichen PV-Gehalts, also verschiedener Herkunft und damit auch stark unterschiedlichen Ozongehalts, auszeichnete. Die Hohenpeißenberger Ozonsondierung lieferte an der mit einem weißen Stern markierten Stelle einen vertikalen Schnitt durch diese PV-Verteilung: In 380 K (13 km) traf die Sonde auf ozonreiche Polarluft (hellgrau, mit hoher PV), während sie nur wenig höher, in 400 K (15 km), auf ozonarme atlantische Tropenluft (dunkelgrau, mit niedriger PV) stieß. In 435 K (17 km) lag nochmals ozonreiche Polarluft vor, bereits in 475 K (19 km) wurde wieder ozonarme Tropenluft gefunden. Die vom Service d'Aéronomie CNRS berechnete PV Verteilung von Abb. 2 liefert genau die Erklärung der in der Hohenpeißenberger Sondierung (Abb. 1) tatsächlich beobachteten Ozon-Maxima und Minima. Am Vortag, zur Zeit des Lindenberger Aufstiegs, sah das PV-Muster anders aus und lag vor allem weiter im Westen. Diese Sondierung durchflog zwischen 380 und 450 K (13 bis 17 km) ozonreiche Polarluft, traf dann in 475 bis 550 K (19 bis 23 km) auf ozonarme Tropenluft. Abb. 1 und 2 zeigen eindrucksvoll, wie stark das Ozon in der unteren Stratosphäre von Transportvorgängen dominiert wird, und wie komplex die dabei sich rasch ändernden Strukturen sein können. Klar ersichtlich wird daraus auch, daß die Trennung und Quantifizierung des anthropogen-chemischen Ozonabbaus eine große wissenschaftliche Herausforderung ist.

*Wolfgang Steinbrecht, Ulf Köhler & Hans Claude, MOHP, Horst Dier & Wolfgang Adam, MOL
Alain Hauchecorne & Birgit Heese, Service d' Aeronomie, CNRS*

MONATSTATISTIK GESAMT-OZON FÜR DEZEMBER 1998

Bis auf Arosa lagen die Gesamtozonwerte in Mitteleuropa im normalen Bereich.

Station	Mittel 12/1998	langjähriges Mittel	Max.	Jahr	Min.	Jahr	Sigma
Hohenpeißenberg	295	301	340	1968	265	1991	±17,0
Potsdam	305	302	341	1981	265	1975	±18,4
Arosa (CH)	287	309	356	1937	271	1992	±16,9
Hradec Kralove (CZ)	305	307	350	1968	281	1992	±17,6
Uccle (B)	296	304	336	1979	279	1991	±13,4

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