

# Ozonbulletin des Deutschen Wetterdienstes



Ausgabe Nr. 97, Erscheinungstermin: 11. Februar 2004

## *Tropopause und Ozonopause*

Die Atmosphäre der Erde weist einen ausgeprägten Schalenbau auf. Zwischen den Schalen sind schmale Grenzschichten, die als Pausen bezeichnet werden (z. B. Tropopause, Stratopause, Mesopause). So trennt die Tropopause die gut durchmischte und vom Wettergeschehen geprägte Troposphäre von der stabil geschichteten Stratosphäre. In den gemäßigten Breiten liegt die Tropopause durchschnittlich in einer Höhe von etwa 11 km. Sie steigt von den Polen zum Äquator deutlich an und unterliegt sowohl jahreszeitlichen als auch wetterbedingten Schwankungen. Diese können in unseren Breiten innerhalb weniger Tage Höhenänderungen von mehreren Kilometern bewirken.

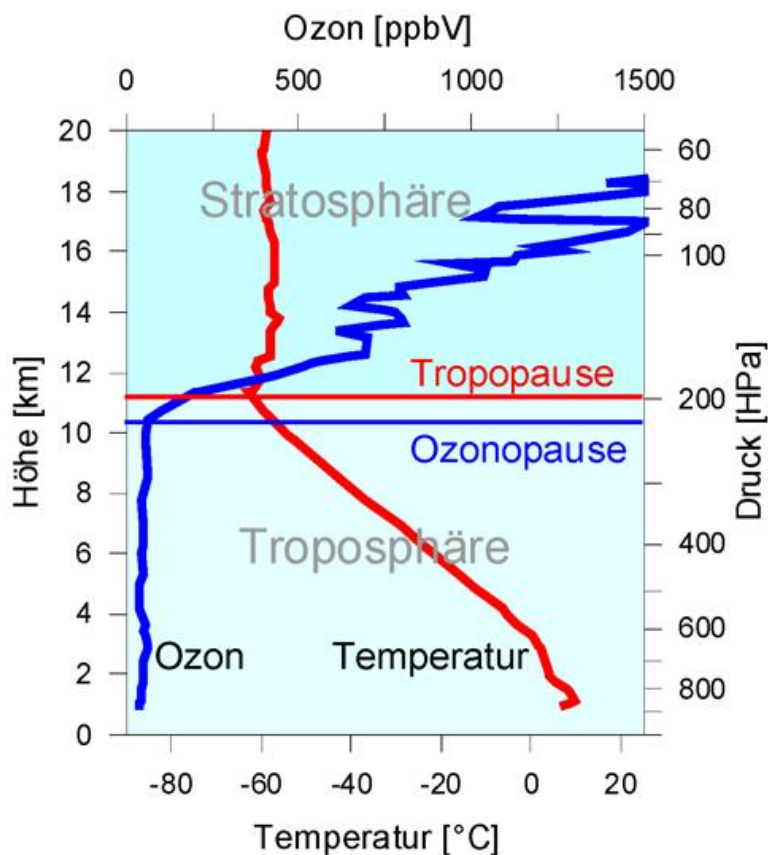


Abb. 1: Typisches Beispiel von Ozon und Temperaturprofil gemessen am 16. 04. 2003 mit der Ballonsonde am Meteorologischen Observatorium Hohenpeißenberg

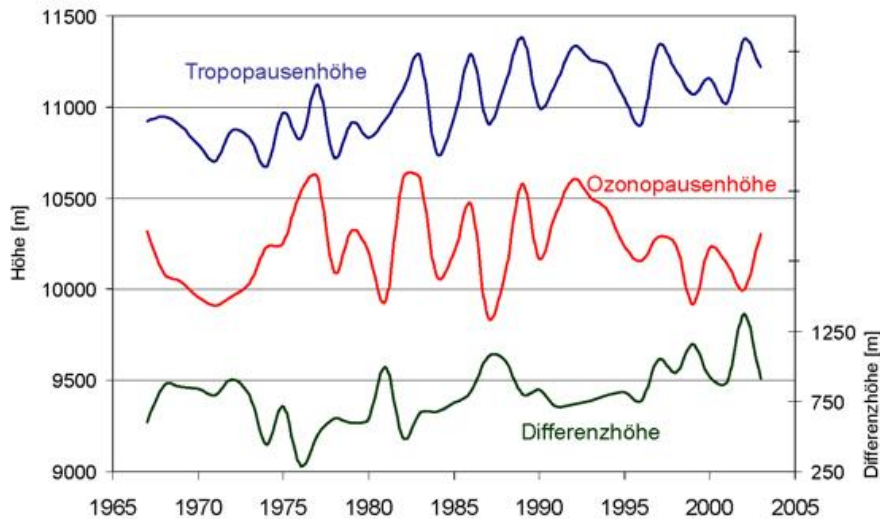
Ein wichtiges Merkmal für die Lage der Tropopause ist der Verlauf des vertikalen Temperaturprofils, das mit Radiosonden der Wetterdienste täglich gemessen wird. An der Tropopause setzt sich die für die Troposphäre charakteristische vertikale Temperaturabnahme nicht mehr weiter fort (Abb. 1). Typische Tropopausentemperaturen liegen zwischen  $-50$  und  $-80^{\circ}\text{C}$ . Die Tropopause muß aber nicht zwingend aus dem Temperaturprofil bestimmt werden. Eben so gut kann auch die sogenannte potentielle Vorticity verwendet werden. Beide Methoden führen zu ähnlichen, aber nicht identischen Ergebnissen. Auch die Atmosphäre selbst kann in der Tropopausenregion so strukturiert sein, dass die Tropopause nicht klar und eindeutig bestimmt werden kann.

Durch die stabile Schichtung oberhalb der Tropopause wird der vertikale Luftaustausch zwischen Troposphäre und Stratosphäre zumeist völlig unterbunden.

Hierdurch ändert sich an der Tropopause auch häufig die chemische Zusammensetzung der Luft. Das Ozonmischungsverhältnis beispielsweise steigt ab der Tropopausenregion stark auf stratosphärentypische Werte an (Abb. 1). Interessanterweise setzt dieser Ozonanstieg nicht in Höhe der thermischen Tropopause ein, sondern bereits darunter. In mittleren Breiten liegt diese sogenannte Ozonopause im Mittel ca. 800m unterhalb der Tropopause. Die Gründe für die unterschiedlichen Höhen sind bisher noch nicht ganz klar, scheinen aber wesentlich durch die verhältnismäßig lange Lebensdauer von Ozon in diesem kalten Höhenbereich und mit dort oftmals hohen horizontalen Windgeschwindigkeiten begründet zu sein. Die Vertikalbewegungen sind dagegen sehr gering oder wechseln sogar das Vorzeichen (sog. Nullschicht).

Ozon, das z.B. durch Tropopausenbrüche in die obere Troposphäre eingedrungen ist, wird so weit verteilt. Das global mäandrierende Band der Strahlströme (Jetstreams) mit Windgeschwindigkeiten von 100-350km/h ist oft mit diesen Tropopausenbrüchen gekoppelt. Das Windmaximum liegt meist ebenfalls etwa 800 bis 1200 m unterhalb der thermischen Tropopause.

Wie bereits erwähnt, ändert sich die Höhe der Tropopause mit Jahreszeit und Wetter; auch langfristige



Änderungen sind bekannt. Insbesondere wegen der durch den Klimawandel bedingten Erwärmung der Troposphäre, hat sich bei uns die Tropopause innerhalb der letzten 30 Jahre um etwa 400m angehoben (Abb. 2). Dieser Trend ist bei der Ozonopause kaum zu beobachten. Mit stärkeren Schwankungen, die mit den Schwankungen der Tropopausenhöhe einhergehen, war deren Höhenlage lange Zeit konstant. Der langfristige Verlauf der Höhendifferenz zwischen beiden

Abb. 2: Langzeitverlauf von Tropopausenhöhe, Ozonopausenhöhe und der Differenz von beiden am Meteorologischen Observatorium Hohenpeißenberg. Die Höhe der thermischen Tropopause wurde nach WMO-Kriterien (lapse-rate Verfahren) bestimmt. Die Kriterien für die Ozonopausenhöhe sind diesen angepasst.

Pausen ist in Abbildung 2 als Differenzhöhe dargestellt. Hieran ist ein Auseinanderdriften der beiden Pausen erkennbar. Dies ergibt sich insbesondere aus dem Anstieg der Tropopause bis etwa Anfang der neunziger Jahre und einem Absinken der Ozonopause seit diesem Zeitraum.

Die Ursachen hierfür sind unklar, werden jedoch in sich ändernden Austauschbedingungen zwischen Stratosphäre und Troposphäre vermutet, die zum Beispiel von der troposphärischen Erwärmung und der Abkühlung der unteren Stratosphäre ausgehen können. Dies ist jedoch noch nicht verifiziert. Trotz relativer Nähe zur Erdoberfläche ist die Tropopausenregion mit der angrenzenden oberen Troposphäre und der untersten Stratosphäre noch immer zu wenig erforscht.

H. Claude, U. Köhler, W. Steinbrecht, Met. Obs. Hohenpeißenberg, Deutscher Wetterdienst

### MONATSTATISTIK GESAMT-OZON FÜR NOVEMBER/DEZEMBER 2003

An allen Stationen werden etwas höhere Werte im November und deutlich niedrigere im Dezember beobachtet.

Station	Mittel 11/12.2003	langjährige Mittel	Max.	Jahre	Min.	Jahre	Sigma
Hohenpeißenberg	290/281	282/300	306/340	69/68	260/265	92/91	±10,9/16,4
Lindenberg/Potsdam (Brewer/Dobson)	291/295	288/305	309/341	65/81	253/275	64/75	±12,6/16,0
Arosa (CH)	292/284	289/308	322/356	66/37	250/271	92/92	±12,2/16,9
Hradec Kralove (CZ)	290/288	288/306	332/350	65/68	267/281	64/92	±12,6/17,2
Uccle (B)	292/284	286/303	315/336	02/79	264/279	83/91	±12,3/13,2

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