

## Entwicklung des Trends des bodennahen Ozons an vier benachbarten GAW-Stationen

Troposphärisches Ozon ( $O_3$ ) ist ein sekundäres Spurengas, d.h. es wird nicht direkt emittiert, sondern aus Vorläufern (Stickoxiden und Kohlenwasserstoffen) unter geeigneten Bedingungen (Sonnenlicht) in der Atmosphäre gebildet. Deshalb ist es ein wichtiger Indikator für die anthropogene Belastung der Troposphäre („Sommersmog“). Weiterhin ist es die Hauptquelle für OH-Radikale, ein Treibhausgas und in hohen Konzentrationen toxisch und phytotoxisch: Gründe, warum Ozon schon seit langem – am Meteorologischen Observatorium Hohenpeißenberg seit 1971 – beobachtet wird.

Durch Emissionsminderungsmaßnahmen sollten langfristig auch die troposphärischen Ozonkonzentrationen zurückgehen. Bereits 2007 (siehe GAW Brief Nr. 38) wurde festgestellt, dass die sommerlichen Spitzenbelastungen rückläufig waren, die Mittelwerte aber noch zunahmen.

Um ein globales Bild über die derzeitigen Entwicklungen und Trends des Troposphärischen Ozon zu erhalten, fand im April dieses Jahres in Toulouse ein internationaler Workshop statt, bei dem Experten aus allen Teilen der Erde ihre Ergebnisse in standardisierten Analysen vorstellten.

Doch zunächst zum Hohenpeißenberg: Betrachtet man die Zeitreihe der gleitenden 12-Monatsmittelwerte des  $O_3$  bis 2011 (Abb. 1), so sieht man einen signifikant positiven linearen Trend über den gesamten Zeitraum ( $0.28 \pm 0.08$  ppb/a), eine gewisse Zunahme für die letzten 20 Jahre (grüne Linie) und eine, statistisch allerdings nicht signifikante, Abnahme für die letzten 10 Jahre (rote Linie).

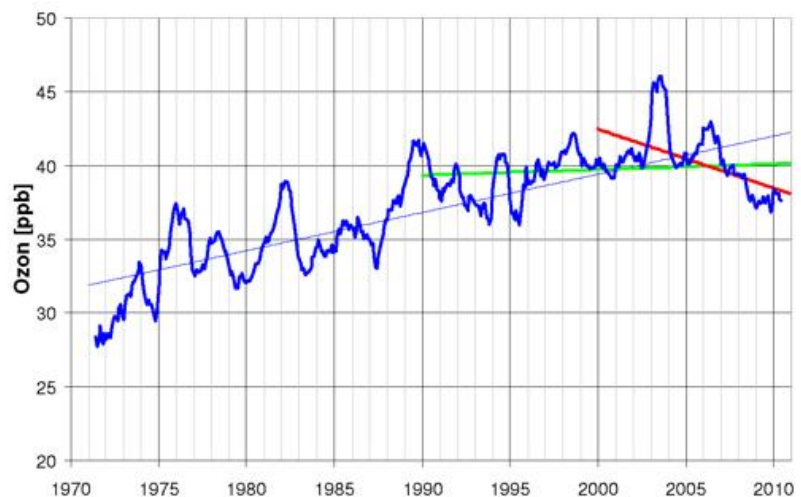


Abb. 1: gleitende 12-Monatsmittelwerte des bodennahen Ozons und lineare Trends am Meteorologischen Observatorium Hohenpeißenberg (HPB)

Zur Analyse der Trends wurden die Daten nach den Hauptwindrichtungen sortiert: Von WSW ( $225-264^\circ$ ) werden Luftmassen mit niedrigen primären Spurengasen zur Station transportiert

(mitteleuropäische ländliche Grenzschichtluft). Der Windsektor NE ( $35-74^\circ$ ) zeigt erhöhte primäre Spurengase durch Emissionen aus dem Großraum München und/oder osteuropäischen Ländern. Die Konzentrationen des Ozonvorläufers Stickstoffdioxid sind aus WSW rückläufig, während sie aus NE weiter zunehmen (s. GAW Brief Nr. 48). Dementsprechend würde man auch unterschiedliche Ozontrends erwarten. Sie sind aber für die beiden Vorzugwindrichtungen nahezu identisch. Sie belaufen sich für die letzten 20 Jahre auf  $0.002 \pm 0.24$  ppb/a für WSW und  $0.06 \pm 0.46$  ppb/a für NE; für die 90er Jahre auf  $0.47 \pm 1.32$  ppb/a (WSW) und  $0.56 \pm 2.29$  ppb/a (NE) und für das letzte Jahrzehnt auf  $-0.27 \pm 0.44$  ppb/a (WSW) bzw.  $-0.27 \pm 0.87$  ppb/a (NE). Das legt nahe, dass diese Trends nicht durch lokale oder regionale Einflüsse geprägt werden (s. Gilge et al, 2010).

Bestätigt wird dies durch ähnliche Beobachtungen an den hochalpinen Stationen Jungfraujoch (JFJ, CH), Sonnblick (SBO, A) und Zugspitze (ZUG, D) (Abb. 2): Steigende Mischungsverhältnisse an drei Stationen in den letzten 20 Jahren und an allen Stationen während der 90er Jahre, dazu ein abnehmender Trend an allen Stationen für die letzten 10 Jahre. Darüber hinaus messen die drei

hochalpinen Stationen (alle über 2600m) oft freie troposphärische Luftmassen, so dass die gefundenen Trends überregionales oder großräumiges Verhalten widerspiegeln.

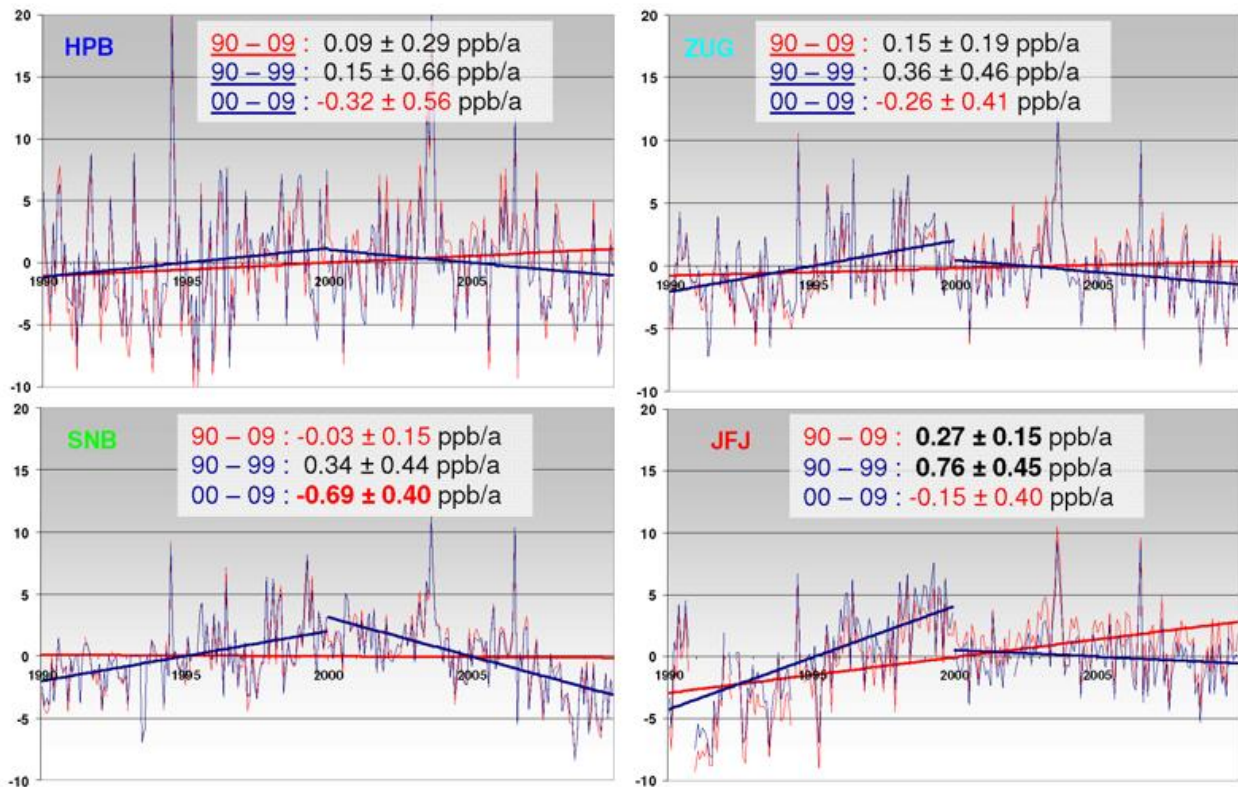


Abb. 2: Abweichungen vom monatlichen Mittel und lineare Trends des bodennahen Ozons für die Stationen Hohenpeißenberg (HPB), Zugspitze (ZUG), Sonnblick (SNB) und Jungfraujoch (JFJ) für die verschiedenen Zeiträume: 1990-2009 (rot), 1990-1999 und 2000-2009 (blau); negative Trends sind rot, signifikante Trends fett gedruckt.

Die hier beobachtbaren Trends wurden in Toulouse durch Ergebnisse anderer Stationen bestätigt: Die meisten Europäischen Ozonzeitreihen, auch von verschiedenen Plattformen (Bodenmessungen, Sondierungen und Messungen mittels Verkehrsflugzeugen) zeigen in den 70ern und 80ern ein generelles Ansteigen, danach ein Abschwächen und einen negativen Trend von durchschnittlich  $-0.2$  ppb/a ab etwa 1998. (Schultz et al, 2011). Auch weltweit ist das troposphärische Ozon seit dem Jahr 2000 mit Ausnahme von Asien nirgends mehr signifikant angestiegen (Schultz et al, 2011). Allerdings ist in weiten Teilen der Erde noch keine ausreichende räumliche Abdeckung durch Stationen erreicht, die Messungen von troposphärischem Ozon durch Satelliten mit sehr großen Messfehlern behaftet, die Qualität von alten Messreihen wegen damals mangelnder Qualitätskontrolle manchmal fragwürdig und Modellrechnungen trotz stetiger Verbesserungen immer noch nicht in der Lage, Ozon mit der erforderlichen Genauigkeit zu simulieren.

Neben der generellen Übereinstimmung können zwischen einzelnen Beobachtungseihen aber auch Diskrepanzen existieren, wie die der (alpinen) Bodenmessungen zu den Ozonsondierungen am Hohenpeißenberg aus etwa 3000m Höhe (Ozonbulletin Nr.82). Z.Z. werden trajektoriengestützte Modellrechnungen mit Fokus auf horizontalen und vertikalen Transport durch die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) in Wien durchgeführt.

#### Referenzen:

- Schultz et al., Report on the second international workshop on tropospheric ozone changes Toulouse, in IGAC News, No.45, October 2011. (<http://igac.jisao.washington.edu/newsletter.php>)  
 Gilge et al., Ozone, carbon monoxide and nitrogen oxides time series at four alpine GAW mountain stations in central Europe, Atmos. Chem. Phys., 10, 12295-12316, 2010  
 Gilge et al., GAW Brief Nr. 38, 2007  
 Gilge et al., GAW Brief Nr. 48, 2009  
 Claude et al., Ozonbulletin Nr. 82, 2001

stefan.gilge@dwd.de