

Ozonbulletin des DWD

Nr. 134, 16. September 2017



Wolfgang Steinbrecht, Ulf Köhler
Meteorologisches Observatorium Hohenpeißenberg
wolfgang.steinbrecht@dwd.de; ulf.koehler@dwd.de

30 Jahre Montrealer Protokoll, 50 Jahre Ozonmessungen am Hohenpeißenberg

Vor 30 Jahren, am 16. September 1987, wurde in Montreal, Kanada, das Protokoll zum Verbot von Substanzen, die die Ozonschicht schädigen, von 24 Staaten und der EWG (Vorläuferin der EU) unterschrieben. Mittlerweile wurde das Protokoll von praktisch allen Staaten ratifiziert. Es gilt als Musterbeispiel für ein erfolgreiches internationales Umweltschutzabkommen. Dank des Protokolls und seiner nachträglichen Verschärfungen werden ozon-zerstörende Substanzen (ODS = ozone depleting substances) seit den 1990er Jahren nicht mehr produziert; der ozon-schädigende Chlor- und Bromgehalt der Stratosphäre geht seit Ende der 1990er Jahre langsam zurück und die Zerstörung der lebenswichtigen Ozonschicht konnte verhindert werden. Zuletzt wurde das Protokoll im Oktober 2016 in Kigali, Ruanda, weiter ausgedehnt, durch ein Verbot klimaschädlicher Fluorkohlenwasserstoffe.



Bereits vor 50 Jahren, also lange vor dem Montrealer Protokoll, begann am Hohenpeißenberg ein umfangreiches Ozon-Messprogramm: Regelmäßige Ozon-Ballonsonden werden seit November 1966 geflogen (vgl. Abb. 1 oder Bulletin 133). Die Gesamtozonsäule wird mit einem Dobson Spektrometern seit 1967/68 gemessen, seit 1984 auch mit ein Brewer Spektrometer. Im September 1987 kam ein Laser-Radar (=Lidar) für Ozonprofilmessungen in der oberen Stratosphäre dazu. Es gibt weltweit nur wenige Stationen, die über so lange und umfangreiche Messreihen der lebenswichtigen Ozonschicht verfügen!

Eine **Trendauswertung der Hohenpeißenberger Gesamtozonreihe** in Abb. 2 (grüne Linie) zeigt deutlich, dass die Ozonschicht auf die menschengemachten Veränderungen des atmosphärischen Chlor- und Bromgehalts durch ODS (magenta Linie) reagiert: Der starke Ozonrückgang durch zu-

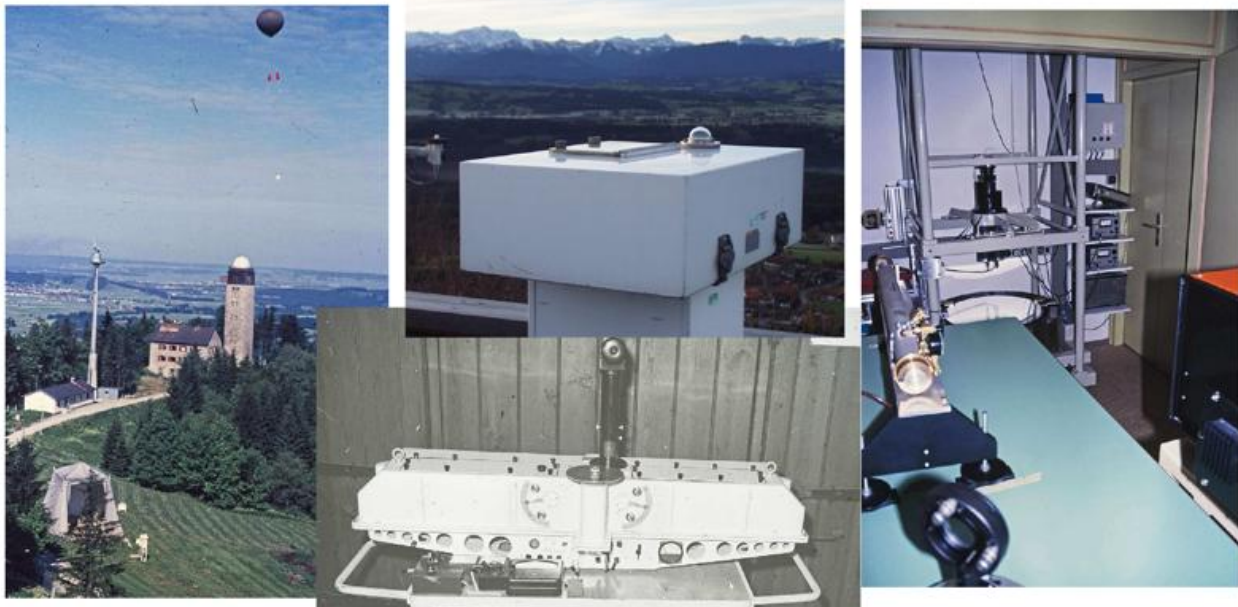


Abbildung 1: Links: Ozonsondierung am Hohenpeißenberg, mit Füllzelt (Ende der 1960er Jahre). Mitte, oben: Brewer Spektrometer vor der Alpenkette (Gesamtozonmessung seit 1984). Mitte, unten: Dobson Spektrometer zur Gesamtozonmessung (Ende 1967). Rechts: Lidar zur Ozonprofilmessung (seit 1987).

nehmendes Chlor und Brom von Ende der 1960er bis Mitte der 1990er wurde dank Befolgung des Montrealer Protokolls gestoppt. Seit rund 2000 gehen Chlor und Brom langsam zurück. Die Ozonwerte reagieren und gehen in der Tendenz wieder langsam nach oben (rechte grüne Linie in Abb. 2). Allerdings spielen auch andere Faktoren eine Rolle, z.B. der 11-jährige Sonnenzyklus, Vulkanaerosol, oder vorherrschende Wetterlagen (vgl. Bulletins 123, 127).

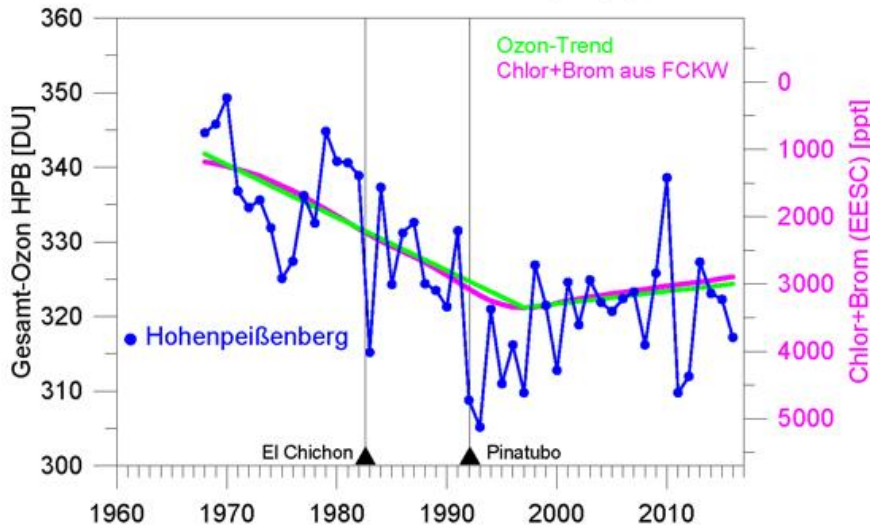


Abbildung 2: Jahresmittel der Gesamtozonsäule über Hohenpeißenberg (HPB) seit 1968 (blaue Punkte). Berechneter Ozontrend mit Knick im Jahr 1997 (grüne Linie). Chlor und Bromgehalt der Stratosphäre (invers dargestellt, rechte Skala, magenta Linie).

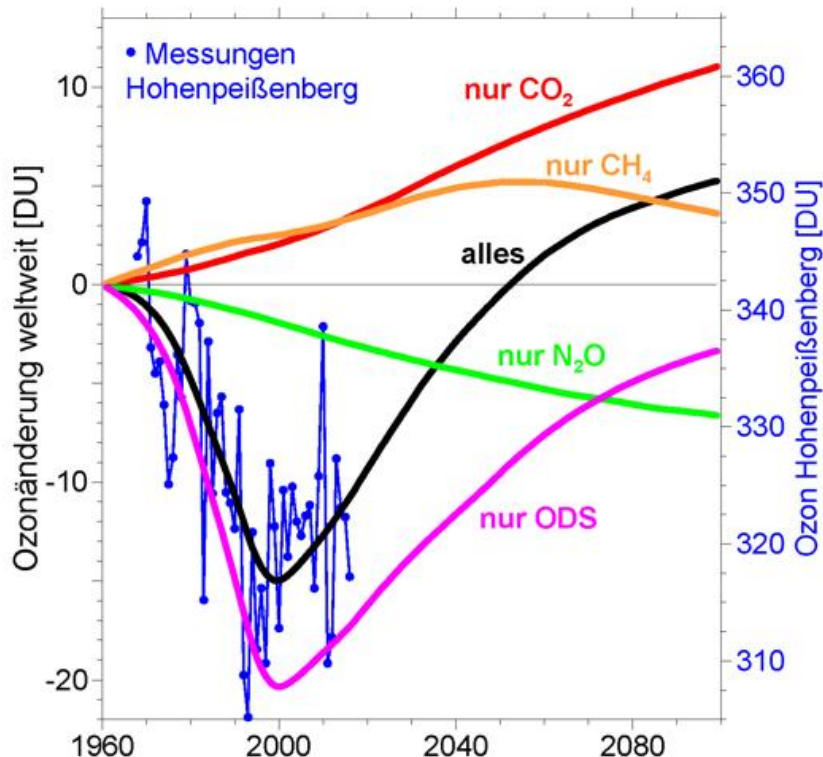


Abbildung 3: Modellrechnungen zur zukünftigen Entwicklung der weltweiten Ozonschicht. Schwarz: Berücksichtigung aller Veränderungen. Magenta: Nur verändertes Chlor und Brom (ODS=ozone depleting substances), CO_2 , CH_4 und N_2O wie 1960. Rot: Nur CO_2 verändert, Rest wie 1960. Orange: nur CH_4 verändert. Grün: nur N_2O verändert. Blau: Jahresmittel der Gesamtozonsäule über Hohenpeißenberg als Vergleich (skaliert, Daten aus Abb. 1). Adaptiert aus Fleming et al., ACP, 2011.

Wie Modellrechnungen für die Zukunft zeigen (Abb. 3), wird wegen der langen Lebensdauer ozon-zerstörender Substanzen (ODS) eine nachhaltige Erholung der Ozonschicht auf Werte wie in den 1960ern erst nach 2050 erwartet (schwarze Linie in Abb. 3). Dabei werden in Zukunft Lachgas (N_2O), Methan (CH_4) und CO_2 zunehmend wichtige Rollen spielen, während die Bedeutung von Chlor- und Brom (ODS) langsam zurückgeht. Allerdings könnte eine starke Zunahme bisher nicht regulierter kurzlebiger ODS, z.B. Dichlor-Methan, diesen Rückgang verzögern. Erwartet wird außerdem, dass Wechselwirkungen zwischen fortschreitendem Klimawandel und Ozonschicht intensiver und wichtiger werden.

Abb. 2 und 3 zeigen, dass wir erst am Anfang der Erholung der Ozonschicht stehen. Während in der Vergangenheit die starke Zunahme ozon-zerstörender Substanzen die Hauptrolle gespielt hat, werden wir in Zukunft mehr auf andere Substanzen achten müssen und weitere Faktoren genau im Auge behalten. Die Komplexität des Problems wird nicht ab-, sondern eher zunehmen. Dennoch blicken wir optimistisch in die Zukunft – so wie die Hohenpeißenberger Ozongruppe(n) in Abb. 4.



Abbildung 4: Oben: Ozongruppe im Sommer 1987 nach Testflügen mit der Chemolumineszenzsonde der Universität Bonn. Hinten, von links: Dr. K. Wege, U. Faßbender¹, H. Barnsteiner, H. Claude, F. Schönenborn, R. Hartmannsgruber, S. Steiner. Vorne, von links: S. Sahand¹, W. Speuser¹. ¹ = Universität Bonn.
Unten: Ozongruppe im Sommer 2017. Von links: F. Schönenborn², W. Steinbrecht, H. Munier, L. Jais², T. Musil², D. Petersen, M. Adelwart, M. Heinen, U. Köhler. ² = erfüllen Querschnittsaufgaben für das ganze Observatorium.