Ozon-Klimakopplung: Ein wenig verstandener Beitrag zu Klimaänderungen in den Polargebieten

Markus Rex & von der Gathen, P.

Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Sekt. Atmosphärische Zirkulationen
Markus.Rex@awi.de, Peter.von.der.Gathen@awi.de

Der Abbau der stratosphärischen Ozonschicht in den Polarregionen gehört zu den stärksten vom Menschen verursachten Veränderungen im Erdsystem. In der Stratosphäre, der Luftschicht von etwa 15–45 km Höhe, wird der Strahlungshaushalt und damit auch die Temperaturverteilung von der Absorption solarer Strahlung in der Ozonschicht dominiert – durch die dabei entstehende Wärme nimmt die Temperatur dort um mehrere zehn Grad Celsius nach oben hin zu. In der Antarktis kommt es jedoch in jedem Frühjahr zu einem praktisch vollständigen Verlust der Ozonschicht und auch in der Arktis wird im Bereich des Ozonschichtmaximums in einigen Jahren mehr als die Hälfte des Ozons zerstört (z. B. Rex et al., 1997; 2006). Die daraus resultierende Umstellung des Strahlungshaushalts der Atmosphäre und das Fehlen der strahlungsbedingten Heizquelle kann besonders in den Polargebieten einen großen Einfluss auf das Klima haben. Die Wechselwirkungen zwischen Ozonschicht und Klimasystem sind jedoch derzeit noch unvollständig verstanden. In den derzeitigen IPCC-Klimamodellen sind die chemischen Prozesse, die die Ozonschicht zerstören, nicht enthalten und die Wechselwirkungen zwischen Ozonzerstörung und Klimaänderungen können daher nicht wiedergegeben werden.

Einfluss von Klimaänderungen auf den polaren Ozonverlust

Wir haben in den vergangenen Jahren Verfahren entwickelt, den anthropogenen Ozonverlust präzise zu bestimmen und von natürlicher Variabilität zu trennen (z. B. von der Gathen et al., 1995; Rex et al., 1998; 2002). Abbildung 1 zeigt die gemessenen Ozonverluste aufgetragen gegen V_{PSC} – einen Parameter, der angibt, wie kalt ein Winter in der Stratosphäre ist. Der gezeigte Zusammenhang gibt demnach die Klimasensitivität des arktischen Ozonverlusts für die derzeitige FCKW-Belastung der Atmosphäre an: Es werden etwa 15 DU zusätzlicher Ozonverlust pro Grad Celsius Abkühlung der arktischen Stratosphäre auftreten (Rex et al., 2004; 2006).

Abbildung 2 zeigt die langfristige Entwicklung von V_{PSC} über die letzten 40 Jahre. Die Extremwerte haben über die gesamte Periode hinweg erheblich zugenommen: Diese Änderung der klimatischen Bedingungen in der arktischen Stratosphäre hat zu den erheblichen Ozonverlusten in der Arktis seit Mitte der 1990er Jahre beigetragen. (Rex et al., 2004; 2006).

Einfluss des Ozonlochs auf das Klima der Antarktis

Die große Ausnahmeregion in der globalen Erwärmung stellt der zentrale antarktische Kontinent dar, der sich leicht abgekühlt hat, jedoch bei gleichzeitig starker Erwärmung der antarktischen Halbinsel. Dieses Muster der Temperaturveränderungen ist das Ergebnis einer veränderten Luftmassenströmung im Bereich der Antarktis, nämlich der Verstärkung des sogenannten Southern Annular Modes (Thompson and Solomon, 2002). Zunehmend überzeugende Hinweise aus Modellstudien weisen darauf hin, dass diese Zirkulationsänderung vom Ozonloch verursacht wurde (Shindell et al., 2004; Marshall et al., 2006; Turner et al., 2009). Sollte sich diese Hypothese als richtig herausstellen, wäre durch die erwartete Erholung des Ozonlochs bis etwa 2070 mit einer Umkehr des Abkühlungstrends in der Antarktis zu rechnen und auch ein besonders ausgeprägter Erwärmungstrend dort ist im Bereich des Möglichen. Die derzeitige IPCC Klimamodelle beinhalten diesen Rückkopplungseffekt zwischen Ozonloch und Oberflächenklima nicht.

Literatur

Marshall, G.J., et al.,(2006). The Impact of a Chang-ing Southern Hemisphere Annular Mode on Antarctic Peninsula Summer Temperatures. Journal of Climate 19: 5388–5404.

Rex, M., et al., (1997). Prolonged stratospheric ozone loss in the 1995/96 Arctic winter, Nature, 389, 835–838.

Rex, M., et al., (1998). In-situ measurements of stratospheric ozone depletion rates in the Arctic winter 1991/1992: A Lagrangian approach, Journal of Geophysical Research, 103/D5, 5843–5853.

Rex, M., et al., (2002). Chemical depletion of Arctic ozone in winter 1999/2000, Journal of Geophysical Research, 107(D20), 8276, doi:10.1029/2001JD000533

Rex, M., et al., (2004). Arctic ozone loss and climate change, Geophysical research letters, 31, L04116, doi:10.1029/2003GL018844.

Rex, M., et al., (2006). Arctic winter 2005: Implications for stratospheric ozone loss and climate change, Geophysical Research Letters, 33, L23808, doi:10.1029/2006GL026731.

Shindell, D.T.; Schmidt, G.A. (2004). Southern Hemisphere climate response to ozone changes and greenhouse gas increases. Geophysical Research Letters 31: L18209, doi:10.1029/2004GL020724.

Thompson, D.W.J.; Solomon, S. (2002). Interpretation of recent southern hemisphere climate change. Science 296: 895–899.

Turner, J., et al., (2009). Non-annular atmospheric circulation change induced by stratospheric ozone depletion and its role in the recent increase of Antarctic sea ice extent. Geophysical Research Letters 36: L08502, doi:10.1029/2009GL037524.

von der Gathen, P., et al., (1995). Observational evidence for chemical ozone depletion over the Arctic in winter 1991–92, Nature, 375, 131–134.

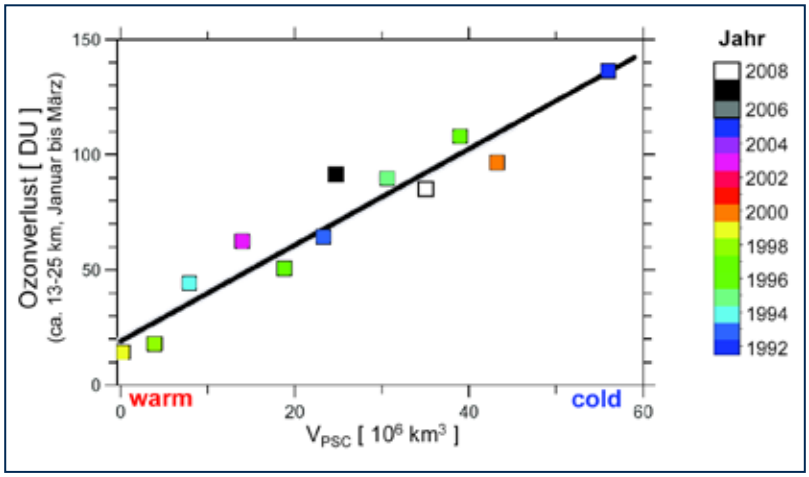

Abb. 1: Zusammenhang zwischen polarem Ozonverlust und dem Bildungspotenzial Polarer Stratosphärischer Wolken: Ein Maß für die Klimasensitivität des polaren Ozonverlusts (Rex et al.,2006).

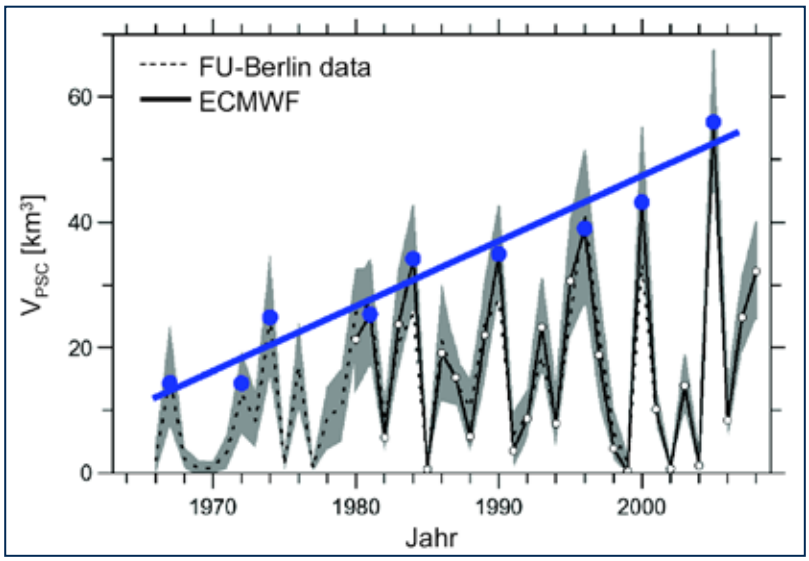

Abb. 2: Indikator für die Änderung des winterlichen polaren stratosphärischen Klimas: Langfristige Entwicklung des PSC-Bildungspotentials über die letzten 40 Jahre (Rex et al., 2006).