



Ozonbulletin des DWD

Nr. 118, Dezember 2007

W. Steinbrecht, H. Claude
Met. Obs. Hohenpeißenberg
Wolfgang.Steinbrecht@dwd.de



Troposphärische Erwärmung und stratosphärische Abkühlung

In diesen Tagen findet auf Bali die Weltklimakonferenz der Vereinten Nationen statt. Von Politik, Medien und der breiten Bevölkerung wird der Klimaänderung mittlerweile große Beachtung geschenkt. Weltweit ist die bodennahe Temperatur in den letzten 100 Jahren um etwa 0.8°C angestiegen, in den letzten 30 Jahren um etwa 0.5°C (z. B. <http://cdiac.ornl.gov/trends>). In Mitteleuropa, und speziell am Hohenpeißenberg, beträgt der Anstieg etwa 1.2°C in den letzten 100 Jahren (vgl. GAW-Brief Nr. 36), in den letzten 30 Jahren etwa 1°C (Abb. 1). Die genannten Anstiege gelten für die bodennahe Temperatur. Sie wird, mindestens in den letzten 50 Jahren, nach den Regeln der Welt Organisation für Meteorologie (WMO) in 2 Metern Höhe über dem Boden gemessen. Veränderungen des Thermometers oder seiner Umgebung (wachsende Bäume, Verstädterung, andere Klimahütte) können die Ergebnisse verfälschen. Das sollte aber nicht bei allen Stationen weltweit und in gleicher Weise passieren. Es ist Aufgabe der Wetterdienste und der Wissenschaftler, solche Fehler zu erkennen und zu berücksichtigen.

Ein großer Teil des Umgebungseinflusses verschwindet, wenn die Messungen an einer Ballonsonde in der freien Atmosphäre gemacht werden. Zuverlässige und regelmäßige Messungen dieser Art gibt es aber erst seit Ende der 1950er Jahre in globalem Maßstab. Auch hier kann ein Instrumentenwechsel Probleme bereiten (vgl. Bulletin Nr. 110). Am Hohenpeißenberg ist das atmosphärische Temperaturprofil ein Nebenprodukt der Ozonsondierungen seit Ende 1966. Für drei Schichten der Atmosphäre zeigt Abb. 1 den Verlauf der Temperatur-Jahresmittel aus diesen Sondierungen. Zum Vergleich sind auch die Jahresmittel der bodennahen Temperatur am Hohenpeißenberg, sowie globale Mitteltemperaturen eingezeichnet.

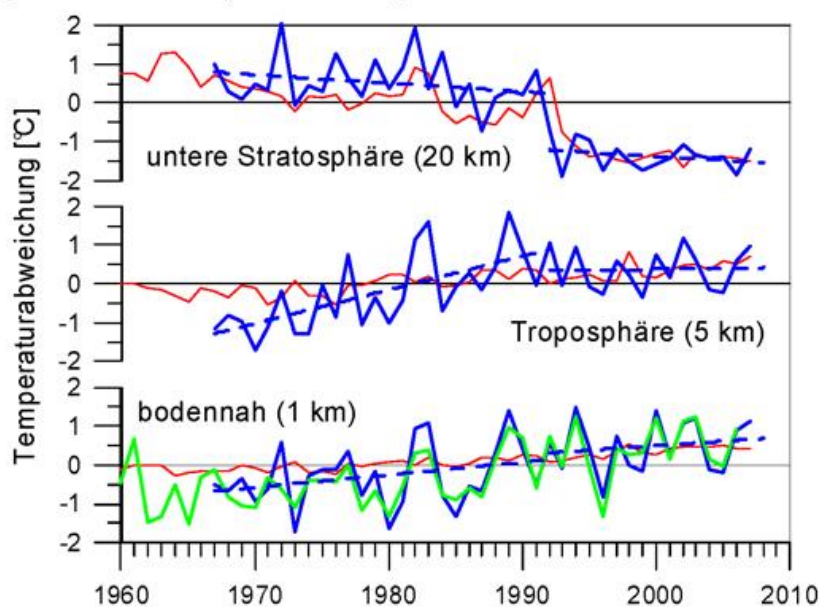


Abb. 1: Entwicklung der Temperatur-Jahresmittel. Blau: In der freien Atmosphäre aus den Hohenpeißenberger Sondierungen (1, 5, 20 km über Meereshöhe). Grün: Bodenmessungen (2 m) am Hohenpeißenberg (976 m über Meereshöhe). Rot: Globale Temperaturen in 2 m über dem Boden (Climatic Research Unit, UEA, Norwich, <http://www.cru.uea.ac.uk>), sowie globale Temperatur in der freien Atmosphäre aus Radiosondierungen (UK Met Office, Hadley Center, <http://hadobs.metoffice.com>).

Lineare Trends für die Temperaturdaten aus Abb. 1, aber auch für Klimamodellrechnungen, sind in Abb. 2 als Funktion der Höhe dargestellt. Alle Beobachtungen zeigen eine Zunahme der Temperatur in der Troposphäre und eine Abnahme in der Stratosphäre. Die Modellberechnungen können die beobachteten Trends in etwa reproduzieren. Sie erlauben es auch, für die verschiedenen Höhenbereiche die einzelnen Beiträge zu den Trends genauer zu quantifizieren. Zunehmende Spurengase (CO_2 , Methan, FCKWs) bewirken durch den Treibhauseffekt zwar eine Erwärmung der Troposphäre, mehr CO_2 in der Stratosphäre kann aber mehr Energie in den Weltraum abstrahlen und so abkühlend wirken (durchgezogene graue Linie in Abb. 2). Geringere Heizung durch ab-



nehmendes Ozon hat ebenfalls erheblich zur Abkühlung der Stratosphäre beigetragen (gestrichelte graue Linie in Abb. 2). Zusätzlich spielen Veränderungen des Wasserdampfgehalts, Vulkanaerosole und die Sonnenaktivität eine Rolle. In der Troposphäre müssen noch weitere Faktoren berücksichtigt werden, nämlich Sulfat-Aerosole, Veränderungen von Bewuchs und Schneedecke, Meeresoberflächentemperaturen, direkte und indirekte Einflüsse auf die Bewölkung, usw.. Dabei gibt es erhebliche Unterschiede zwischen den Modellen. Die Modelltrends in Abb. 2 geben also nur eine Abschätzung an und sind mit Fehlerbalken behaftet, die mindestens so groß sind, wie für die Beobachtungen.

Während die Hohenpeißenberger Temperaturreihe in der Stratosphäre der globalen Reihe doch recht ähnlich sieht (siehe auch Abb. 1), ist die Zunahme der bodennahen und der troposphärischen Temperatur am Hohenpeißenberg in den letzten 40 Jahren mehr als doppelt so groß wie im globalen Mittel. Hier spielen regionale Transportvorgänge, also Advektionsänderungen im Nordatlantischen Raum, eine große Rolle. Solche regionalen Auswirkungen der Klimaänderung sind bisher kaum verstanden und werden von den Modellen nicht immer gut reproduziert. Auffallend ist weiter (Abb. 1), dass die Temperaturzunahme in Bodennähe mehr oder weniger gleichmäßig über die Zeit verläuft, während in der Stratosphäre die Temperatur nach 1991/92, weltweit und am Hohenpeißenberg, fast schlagartig auf ein tieferes Niveau springt. Dieser Sprung ist eine Folge von Ozon-Abnahme, CO₂ Zunahme, elfjährigen Schwankungen der Sonnenaktivität und Auswirkungen des Pinatubo Vulkanausbruchs. Gleichzeitig ist in Abb. 1 in der freien Troposphäre, jedenfalls bei den Hohenpeißenberger Daten, ein deutlicher Knick erkennbar: Die troposphärische Temperaturzunahme von 1965 bis 1990 hat sich am Hohenpeißenberg in den letzten 10 Jahren nicht mehr fortgesetzt (während die bodennahe Temperatur kontinuierlich ansteigt). Ähnliches gilt übrigens auch für die Tropopausenhöhe und für den Nord-Atlantischen Oszillations-Index (vgl. Bulletin Nr. 114). Bei beiden hat sich die Zunahme von Mitte der 1960er bis Mitte der 1990er Jahre in den letzten 10 Jahren nicht mehr fortgesetzt. Schlägt hier möglicherweise die stratosphärische Abkühlung in die Troposphäre durch? Die nächsten Jahrzehnte werden zeigen, ob sich die Veränderungen am Hohenpeißenberg dem globalen Mittel annähern, oder ob sich die Erwärmung über Mitteleuropa sogar noch verstärkt.

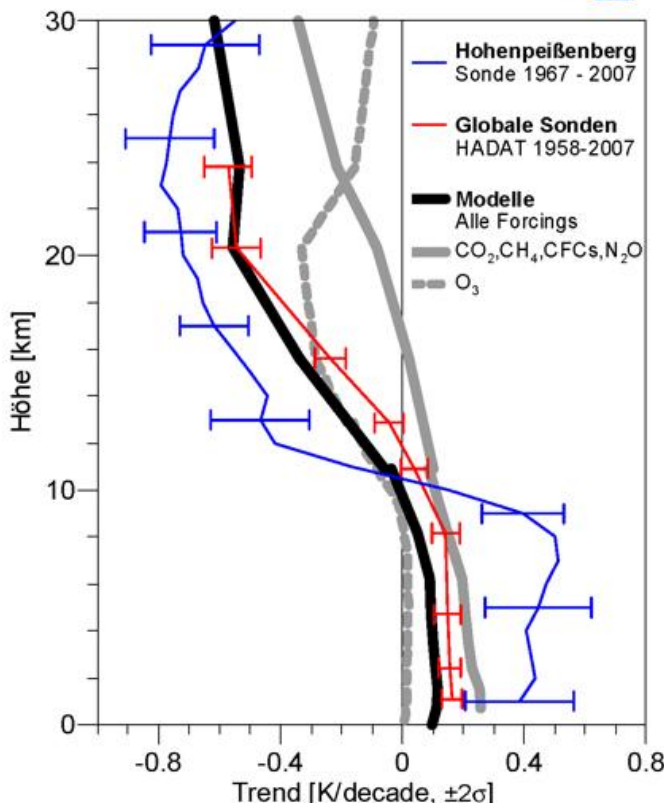


Abb. 2, Höhenprofil des linearen Temperaturtrends, im Jahresmittel, aus Beobachtungen und aus globalen Klimamodellrechnungen (z.B. Shine et al. QJRMS, 2003). Fehlerbalken (2σ) sind nur für die Beobachtungen angegeben, sind aber für die Modellrechnungen mindestens genau so groß.

MONATSTATISTIK GESAMT-OZON FÜR AUGUST/SEPTEMBER/OKTOBER 2007

Station	Gesamtozonmittel in D.U. und Abweichung vom langjährigen Mittel in %					
	August		September		Oktober	
Hohenpeißenberg	314	-0.63	305	+2.69	283	+0.53
Lindenberg	307	-4.66	299	-0.66	280	-3.45
Arosa (CH)	297	-4.81	291	-1.36	280	-1.06
Hradec Kralove (CZ)	308	-4.05	298	-0.33	287	+0.35
Uccle (B)	314	+0.00	297	+1.37	273	-3.53

Der August war noch überwiegend unternormal, während die beiden Herbstmonate Abweichungen vom langjährigen Mittel zwischen +2.69% (September, MOHp) und -3.53% (Oktober, Uccle) aufwiesen.