

	<p>Global Atmosphere Watch</p> <h1 style="margin: 0;">GAW Brief</h1> <h2 style="margin: 0;">des Deutschen Wetterdienstes</h2> <p>Meteorologisches Observatorium Hohenpeißenberg</p>	
www.wmo.ch/web/arep/gaw_home.html	http://www.dwd.de/de/FundE/Observator/MOHP/hp2/gaw/gaw.htm	
<p>Allgemein Klima Strahlung Treibhausgase Spurengase Aerosol Niederschlag Analysen Trends Ursachen</p>		

Globaler Temperaturanstieg: Natürliche Variation oder durch den Menschen verursacht ?

In den letzten Jahren wird kontrovers darüber diskutiert, in welchem Ausmaß der Mensch das Klima und damit verbundene extreme Wetterereignisse, wie Starkniederschläge, Stürme usw. beeinflusst. Auf der einen Seite werden Emissionen von Treibhausgasen (Kohlendioxid, Methan, Distickstoffoxid und FCKWs) für die globale Erwärmung verantwortlich gemacht. Dies ist auch der Grund dafür, weshalb das GAW Programm die Messung von Treibhausgasen empfiehlt. Auf der anderen Seite argumentiert man, dass es Klimaänderungen schon zu allen Zeiten gegeben habe und führt als Ursache für diese Änderungen z.B. eine sich zyklisch verändernde Sonnenintensität (11- und 80-Jahres Zyklus) oder massive Vulkanausbrüche an. Eine Auswertung der mittleren 11-jährigen Sonnenfleckenrelativzahl seit 1848 zeigt nämlich einen Anstieg um 3.7 Flecken pro 11-jährigem Zyklus. Dieser Trend stimmt grundsätzlich mit der ebenfalls über 11 Jahre gemittelten Temperatur von Mitteleuropa überein. Starke Vulkantätigkeit, die zu einer Trübung der Atmosphäre und Abschwächung der Sonnenstrahlung führt, kann zwischenzeitlich einen kurzfristigen Rückgang der globalen Mitteltemperatur bewirken. Prinzipiell ist es schwierig, den Anstieg der globalen Mitteltemperatur mit einer einzelnen Station zu verknüpfen, weil der globale Temperaturanstieg nicht räumlich homogen verläuft. An einigen Messstationen steigt die Temperatur stärker, an anderen weniger stark, wodurch größere Gradienten entstehen, welche die Atmosphäre

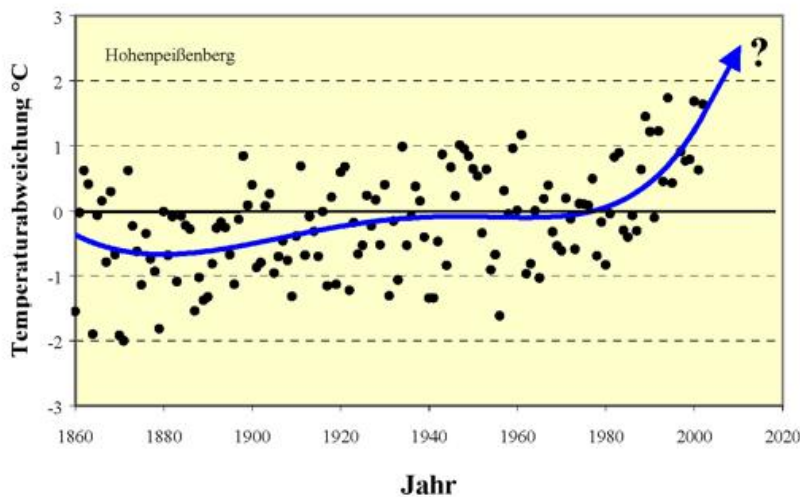


Abb. 1: Jährliche Temperaturabweichung vom Bezugszeitraum 1961 – 1990 am Hohenpeißenberg, 1860 – 2002.

versucht wieder auszugleichen. Extreme Wetterereignisse sind ein Anzeichen dafür. Im Mittel steigen die Temperaturen aber global an. Von Vorteil sind hier höher gelegene Messstationen wie der Hohenpeißenberg, die durch Stadtnähe relativ unbeeinflusst sind und am ehesten den Hintergrund der Atmosphäre repräsentieren. Solche Stationen zeigen den Temperaturanstieg, weil sie über entsprechend lange Messreihen verfügen. An der GAW Globalstation Hohenpeißenberg – der ältesten Bergwetterstation der Erde – wird seit über 200 Jahren die Lufttemperatur gemessen. Aus Gründen der Vergleichbarkeit der Hohenpeißenberger Messungen mit den nachfolgend beschriebenen Ergebnissen des Klimamodells ist in der

Abbildung 1 der Zeitraum von 1860 bis 2002 wiedergegeben. Dargestellt sind die jährlichen Temperaturabweichungen vom Bezugszeitraum 1961-1990. Im Mittel stiegen die Abweichungen seit 1880 mehr oder weniger kontinuierlich an und erreichten besonders in den letzten 20 Jahren Werte größer 1 °C mit zunehmendem Trend nach oben. Die Temperatur nimmt am deutlichsten während der Wintermonate zu. Die Streuung der Messpunkte zeigt die von Jahr zu Jahr auftretende Variationsbreite der Witterung.

Ist diese beobachtete Temperaturzunahme durch vom Menschen verursachte Emissionen bedingt, so ist dringender Handlungsbedarf erforderlich, hat die Zunahme natürliche Gründe und handelt es sich nur um eine mittelfristige Klimavariation, so hat die Klimadebatte an Brisanz verloren. Eine Antwort darauf können nur komplexe Klimamodelle geben, die sowohl natürliche als auch anthropogene Einflüsse auf das Klima miteinbeziehen. Derartige Modelle laufen z.B. am „Hadley Centre for Climate Prediction and Research“ in England.

Sie berechnen getrennt die Temperaturänderungen, die durch natürliche (solare Variabilität und Vulkanismus) oder anthropogene Ursachen (Treibhausgase und Sulfat-Aerosole) hervorgerufen werden. Die Abbildungen 2 a-c geben die simulierte jährliche globale Mitteltemperatur von 1860 – 2000 für a) natürliche, d.h. solare Variabilität und Vulkanismus, b) anthropogene, d.h. Treibhausgase und Sulfat-Aerosole und c) beide Antriebskräfte kombiniert an. Das blaue Band gibt die Modellhochrechnungen einschließlich einer Abschätzung ihrer Unsicherheiten wieder, die rote Kurve den beobachteten Klimaverlauf. Das Klimamodell zeigt, dass beobachtete Änderungen im solaren Strahlungsantrieb die Oberflächentemperatur der Erde in der Größenordnung von einigen Zehntel Grad beeinflussen können. Die Rechnungen machen aber auch deutlich, dass die von der Sonne ausgelösten Änderungen nicht ausreichen, die Erwärmung des letzten Jahrhunderts zu reproduzieren (2a). Anthropogene Einflüsse allein reichen aber auch nicht aus, um den Temperaturanstieg modellmäßig zu simulieren (2b). Die beste Übereinstimmung zwischen Modell und Beobachtung bekommt man, wenn man Sonnenvariabilität, Vulkanismus und den anthropogenen Einfluss gleichermaßen berücksichtigt (2c).

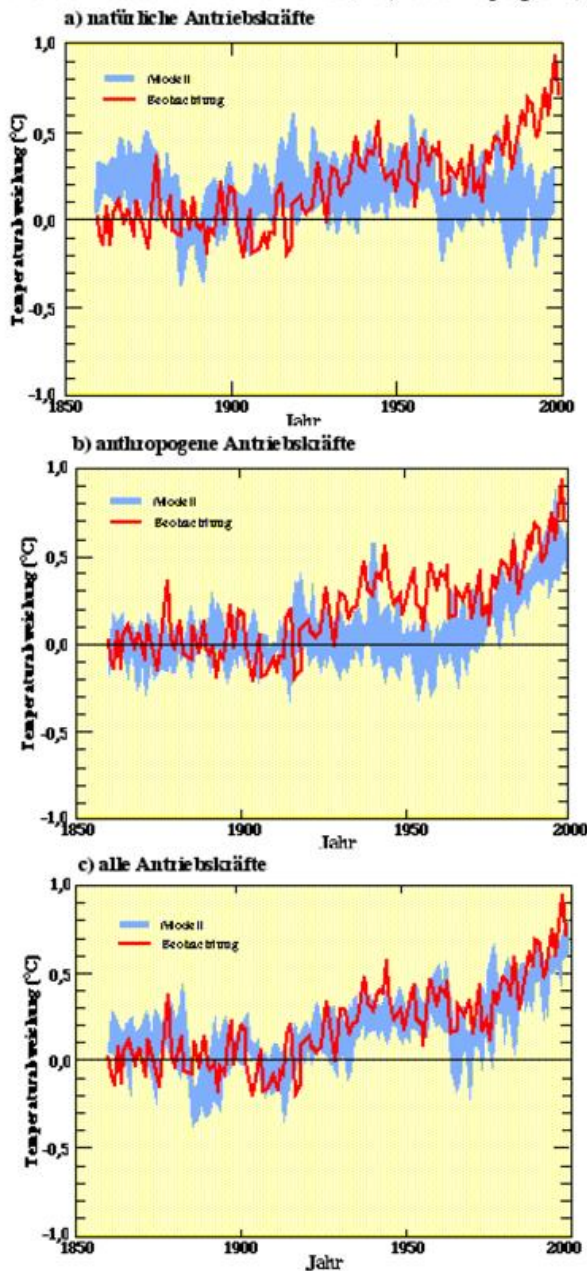


Abb. 2 a-c: Simulierte jährliche globale Mitteltemperatur von 1860–2000 (blaue Kurve) für natürliche (a), anthropogene (b) und beide Antriebskräfte kombiniert (c), sowie beobachteter Klimaverlauf (rote Kurve), s. IPCC 2001 (Intergovernmental Panel on Climate Change).

an denen man die Modelle eichen und mit denen man die Modelle verifizieren kann.

Für eine zuverlässige Klimaüberwachung sind sowohl extrem komplexe Klimamodelle, die nur auf Hochleistungsrechnern wie z.B. dem „Earth Simulator“ in Japan laufen, als auch Hintergrundstationen notwendig, deren Messreihen zur Evaluierung der Modellergebnisse dienen. Nur mit diesen Instrumenten ist es möglich, immer wieder aufkommende Klimahypothesen wissenschaftlich zu untersuchen, um zu zuverlässigen Projektionen in die Zukunft zu kommen.

Uwe Kaminski, Meteorologisches Observatorium Hohenpeißenberg

Uwe.Kaminski@dwd.de

Ulrich Cubasch, Freie Universität Berlin

Cubasch@zedat.fu-berlin.de

Das blaue Band gibt die Modellhochrechnungen einschließlich einer Abschätzung ihrer Unsicherheiten wieder, die rote Kurve den beobachteten Klimaverlauf. Das Klimamodell zeigt, dass beobachtete Änderungen im solaren Strahlungsantrieb die Oberflächentemperatur der Erde in der Größenordnung von einigen Zehntel Grad beeinflussen können. Die Rechnungen machen aber auch deutlich, dass die von der Sonne ausgelösten Änderungen nicht ausreichen, die Erwärmung des letzten Jahrhunderts zu reproduzieren (2a). Anthropogene Einflüsse allein reichen aber auch nicht aus, um den Temperaturanstieg modellmäßig zu simulieren (2b). Die beste Übereinstimmung zwischen Modell und Beobachtung bekommt man, wenn man Sonnenvariabilität, Vulkanismus und den anthropogenen Einfluss gleichermaßen berücksichtigt (2c).

Eine weitere Möglichkeit festzustellen, inwieweit die beobachtete Klimaänderung anthropogen oder solaren Ursprungs ist, bietet die „Fingerabdruck-Methode“. Sie bedient sich des Umstandes, dass der Treibhauseffekt ein etwas anderes Erwärmungsmuster in der Horizontalen und der Vertikalen erzeugt als eine vermehrte Sonneneinstrahlung. Auch hier zeigt sich deutlich, dass in den letzten Jahrzehnten das anthropogene Muster überwog, d.h. dass die globale Erwärmung, wie sie auch am Hohenpeißenberg zu beobachten ist, hauptsächlich durch den Anstieg von Treibhausgasen erklärt werden kann.

Klimamodelle liefern für die nächsten 100 Jahre, je nach erwarteten Energieszenarien, Temperaturzunahmen von 1.4 - 5.8 °C gegenüber heute. Der Maximalwert dieser Prognose liegt um fast eine Größenordnung höher als der solare Effekt der letzten 100 Jahre. Obwohl globale Klimamodelle in den letzten Jahren gereift sind, zeigen sie doch noch Unzulänglichkeiten. So ist die Kopplung zwischen Ozeanmodell und Atmosphärenmodell derart sensitiv, dass kleine Ungenauigkeiten zu einer Drift des gekoppelten Modells führen können. Bisher hat man sich mit Korrekturtermen beholfen, welche die Drift unterbinden, ohne die Variabilität zu beeinflussen. Neu entwickelte Modelle kommen ohne diese Flusskorrektur aus. Im regionalen Bereich werden die Modelle zunehmend ungenauer. Dieses liegt nur teilweise an der Behandlung kleinräumiger Effekte. Eine nicht unerhebliche Problemquelle ist der Mangel an hochauflösenden Datensätzen,