Klimamodell PlanetX

André Paul

15. Dezember 2011

1 Anleitung

Das Klimamodell PlanetX kann von der folgenden Website heruntergeladen werden:

http://www.dynamicclimate.org/PlanetX/PlanetX_DE.html

Nach einem Doppelklick öffnet sich ein Fenster mit einer einfachen grafischen Benutzeroberfläche (GUI), die die Eingabe der Modellparameter und die Ausführung (wahlweise mit anschließender grafischer Darstellung der Ergebnisse) des Klimamodells erlaubt (Abbildung 1).

Globales Klimamodell 'Planet X'	
Meerestiefe/m:	70.0
Solarkonstante/(W m ⁻²):	1367.0
Planetare Albedo (eisfreie Gebiete):	0.285
Planetare Albedo (eisbedeckte Gebiete):	0.62
Emissionsvermögen der Erdoberfläche (langwellig):	1.0
Atmosphärisches Absorptionsvermögen (kurzwellig):	0.23
Atmosphärisches Emissionsvermögen (langwellig):	0.94
Konstanter Strahlungsantrieb/(W m ⁻²):	0.0
Dateiname für Strahlungsantrieb/(W m ⁻²):	
Anfangsjahr/a:	1000.0
Zeitschritt/d:	10.0
Laufzeit/a:	50
Anfangstemperatur/°C:	15.6
Planetare Albedo (globaler Mittelwert):	
Globale Atmosphärentemperatur/°C:	
Globale Oberflächentemperatur/°C:	
Ausführen	
Ausführen + Darstellen	

Abbildung 1: Grafische Benutzeroberfläche des Klimamodells

Wird ein atmosphärisches Absorptionsvermögen $\epsilon > 0$ eingestellt, wird neben der globalen Oberflächentemperatur auch eine globale Atmosphärentemperatur berechnet. Ist $\alpha_p^{\text{ice-free}} \neq \alpha_p^{\text{ice-covered}}$, wird bei der Berechnung der planetaren Albedo der Einfluss der eisbedeckten Gebiete berücksichtigt. Die Ausgabe der berechneten Temperaturen erfolgt entweder als Zahlenwert im GUI (Ausführen) oder als Zeitreihe in einem eigenen Fenster (Ausführen + Darstellen).

Die Angabe Dateiname für Strahlungsantrieb erlaubt es, eine Datei mit jährlichen Werten für den Strahlungsantrieb ΔQ am Oberrand der Atmosphäre einzulesen (Crowley, 2000) – siehe Tabelle 2.

2 Modellbeschreibung

Das Klimamodell PlanetX geht auf die Aufgabe 11 von Fiedler (2004, S. 16 ff) zurück – siehe auch die Beschreibung des einfachen Treibhaus- oder Glashausesmodells von Kraus (2004, S. 112 ff).

Das Klimamodell PlanetX erhebt nicht den Anspruch, das Klima der Erde realistisch zu simulieren. Es dient lediglich der Illustration der Funktion eines Klimamodells.

Im Klimamodell PlanetX gilt für den Energiehaushalt der Atmosphäre

$$\bar{C}_a \frac{dT_a}{dt} = k \frac{S_0}{4} (1 - \alpha_p) + \epsilon_a \epsilon_s \sigma T_s^4 - 2 \epsilon_a \sigma T_a^4 \quad (1)$$

und für den Energiehaushalt des Ozeans

$$\bar{C}_o \frac{dT_s}{dt} = (1 - k) \frac{S_0}{4} (1 - \alpha_p) - \epsilon_s \sigma T_s^4 + \epsilon_a \sigma T_a^4. \quad (2)$$

Die effektive Wärmekapazität der Atmosphäre und des Ozeans sind:

$$\bar{C}_a = c_p \rho_a H_a \quad (3)$$

$$\bar{C}_o = c_w \rho_w H_o \quad (4)$$

Die Zahlenwerte für die Naturkonstanten und festen Parameter im Klimamodell PlanetX finden sich in der Tabelle 2.

Die Parametrisierung der Eis-Albedo-Rückkopplung folgt Jentsch (1987).

Naturkonstante/Parameter	Symbol	Wert	Einheit
Stefan-Boltzmann-Konstante	σ	5.67×10^{-8}	$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-4}$
Spezifische Wärme trockener Luft	c_p	1005	$\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$
Luftdichte auf Meeresniveau	ρ_a	1.27	kg m^{-3}
Skalenhöhe der Atmosphäre	H_a	10 000	m
Spezifische Wärme des Meerwassers	c_w	3996	$\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$
Mittlere Dichte des Meerwassers	ρ_w	1027.79	kg m^{-3}

Tabelle 1: Naturkonstanten und feste Parameter im Klimamodell PlanetX

Dateiname	Bedeutung
solar_forcing.dat	Schwankungen der Sonnenaktivität
solar_forcing_VSK.dat	Schwankungen der Sonnenaktivität (Vieira et al., 2010)
volcanic_forcing.dat	vulkanische Aktivität
aerosol_forcing.dat	Einfluss troposphärischer Aerosole
greenhouse_forcing.dat	Einfluss von Treibhausgasen
combined_forcing.dat	Summe aller Einflüsse

Tabelle 2: Dateien für den Strahlungsantrieb ΔQ in W m^{-2} der letzten 1000 Jahre im Klimamodell PlanetX

3 Beispiele für numerische Simulationen

Empfohlene Parameterwerte für eine globale Oberflächentemperatur von $\approx 15^\circ\text{C}$, ohne Absorption kurzwelliger Strahlung durch die Atmosphäre und ohne Eis-Albedo-Rückkopplung: siehe Tabelle 3.

Kraus (2004, S. 112 ff) verwendet in seinem einfachen Treibhaus- oder Glashaushausmodell $S_0 = 1366 \text{ W m}^{-2}$ und $\alpha_p^{\text{ice-free}} = \alpha_p^{\text{ice-covered}} = 0.3$.

Empfohlene Parameterwerte für eine globale Oberflächentemperatur von $\approx 16^\circ\text{C}$, mit Absorption kurzwelliger Strahlung durch die Atmosphäre und mit Eis-Albedo-Rückkopplung: siehe Tabelle 3.

Literatur

Crowley, T. J. (2000). Causes of climate change over the past 1000 years. *Science* 289(5477), 270–277.

Parameter	Symbol	Wert	Einheit
Mittlere Tiefe der Deckschicht des Ozeans	H_o	70	m
Solarkonstante	S_0	1367	W m^{-2}
Planetare Albedo (schnee- und eisfreie Gebiete)	$\alpha_p^{\text{ice-free}}$	0.31	
Planetare Albedo (schnee- und eisbedeckte Gebiete)	$\alpha_p^{\text{ice-covered}}$	0.31	
Kurzwelliges Absorptionsvermögen der Atmosphäre	k	0.0	
Langwelliges Emissionsvermögen der Atmosphäre	ϵ_a	0.7935	
Langwelliges Emissionsvermögen der Erdoberfläche	ϵ_s	1.0	
Anfangstemperatur	T_s und T_a	0.0	$^{\circ}\text{C}$

Tabelle 3: Empfohlene Parameterwerte für eine globale Oberflächentemperatur von $\approx 15^{\circ}\text{C}$

Parameter	Symbol	Wert	Einheit
Mittlere Tiefe der Deckschicht des Ozeans	H_a	70	m
Solarkonstante	S_0	1367	W m^{-2}
Planetare Albedo (schnee- und eisfreie Gebiete)	$\alpha_p^{\text{ice-free}}$	0.285	
Planetare Albedo (schnee- und eisbedeckte Gebiete)	$\alpha_p^{\text{ice-covered}}$	0.62	
Kurzwelliges Absorptionsvermögen der Atmosphäre	k	0.23	
Langwelliges Emissionsvermögen der Atmosphäre	ϵ_a	0.94	
Langwelliges Emissionsvermögen der Erdoberfläche	ϵ_s	1.0	
Anfangstemperatur	T_s und T_a	15.6	$^{\circ}\text{C}$

Tabelle 4: Empfohlene Parameterwerte für eine globale Oberflächentemperatur von $\approx 16^{\circ}\text{C}$

Fiedler, B. (2004). *Well-tempered Climate Theory. Book 1.*

Jentsch, V. (1987). Cloud-ice-vapor feedbacks in a global climate model. In C. Nicolis and G. Nicolis (Eds.), *Irreversible Phenomena and Dynamical Systems Analysis in Geosciences*, pp. 417–437. D. Reidel Publishing Company.

Kraus, H. (2004). *Die Atmosphäre der Erde. Eine Einführung in die Meteorologie.* Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.

Vieira, L. E. A., S. K. Solanki, N. A. Krivova, and I. Usoskin (2010). Evolution of the solar irradiance during the Holocene. *Astronomy and Astrophysics*. submitted.