

Das Rätsel der Eiszeiten, Teil 7, Global Circulation Models I

geschrieben von Lüdecke, Frey | 14. Mai 2014

scienceofdoom

Im sechsten Teil ging es um einige der zahlreichen Theorien, die konfuserweise alle unter dem gleichen Namen laufen: die „Milankovitch“-Theorien.

Die Basis all dieser Theorien ist: Obwohl die Änderungen in der Neigung der Erdachse und der Zeitpunkt, in der die Erde der Sonne am Nächsten ist, nicht die Gesamt-Energieeinwirkung der Sonne auf das Klima verändert, verursacht die sich ändernde Verteilung der Energie massive Klimaänderungen über tausende von Jahren. Eine der „klassischen“ Hypothesen lautet, dass zunehmende Einstrahlung im Juli bei 65°N die Eisschilde zum Schmelzen bringt. Oder umgekehrt, abnehmende Einstrahlung dort bringt die Eisschilde zum Anwachsen.

Alle hier beschriebenen Hypothesen können ziemlich überzeugend klingen. Das heißt, wenn man sie einzeln für sich betrachtet, klingt jede ziemlich überzeugend – aber wenn man diese „Milankovitch-Theorien“ in ihrer Gesamtheit nebeneinander stellt, klingen sie sämtlich nicht nach viel mehr als nach hoffnungsvollen Gedanken. In diesem Beitrag fangen wir nun an zu betrachten, was GCMs (global circulation models – kurz "Klimamodelle") dazu tun können, diese Theorien zu falsifizieren. Zu den Grundlagen der GCMs schaue man hier.

Viele Leser dieses Blogs machen sich in verschiedener Weise so ihre Gedanken über GCMs. Aber wie der regelmäßig Kommentare schreibende Leser DeWitt Payne oft sagt: „Alle Modelle sind falsch, aber einige sind nützlich“. Das heißt, keines dieser Modelle ist perfekt, aber einige können etwas Licht auf Klimamechanismen werfen, die wir verstehen wollen. Tatsächlich sind GCMs eine wesentliche Grundlage zum Verständnis vieler Klimamechanismen und zum Verständnis der Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Teilen des Klimasystems.

Exkurs: Eisschilde und positive Rückkopplung

Für Anfänger folgt hier ein kleiner Exkurs zu den Eisschilden und zur positiven Rückkopplung. Das Schmelzen und die Neubildung von Eis

und Schnee ist unbestreitbar eine positive Rückkopplung im Klimasystem. Schnee reflektiert etwa 60% bis 90% der einfallenden Sonnenstrahlung. Wasser reflektiert weniger als 10% und die meisten Landoberflächen weniger als 25%. Heizt sich eine Region genügend auf, schmelzen Eis und Schnee. Das bedeutet, dass weniger Strahlung reflektiert und mehr Strahlung absorbiert wird, was eine weitere Aufheizung des Gebietes zur Folge hat. Der Effekt „füttert sich selbst“. Es ist eine positive Rückkopplung.

Im jährlichen Zyklus führt dies jedoch nicht zu irgendeiner Art „Runaway“ oder zu einer Schneeball-Erde, weil die Solarstrahlung einen viel größeren Zyklus durchläuft. Über viel längere Zeiträume ist es vorstellbar, dass das (regionale) Abschmelzen von Eisschilden zu mehr

(regional) absorbierter
Sonnenstrahlung führt, was wiederum
mehr Eis zum Schmelzen bringt mit
der Folge, dass noch mehr Eis
schmilzt. Und umgekehrt gilt das
Gleiche für das Anwachsen von
Eisschilden. Der Grund, warum dies
vorstellbar ist, ist ganz einfach
der, dass es der gleiche Mechanismus
ist.

Exkurs Ende.

**Warum Global
Circulation Models
(GCM) ?**

**Die einzige
Alternative zu**

**GCM's ist, die
Berechnung im Kopf
oder schriftlich
durchzuführen. Man
nehme ein Blatt
Papier, plote den
Verlauf der
einfallenden
Strahlung in allen
Breiten während
des uns
interessierenden**

**Zeitraumes – sagen
wir von vor 150 ky
bis vor 100 ky (ky
= kilo-years =
1000 Jahre) –
aufgeschlüsselt
nach Jahren,
Dekaden oder
Jahrhunderten in
Abhängigkeit von
der Menge des
schmelzenden**

**Eises. Dann
bestimme man die
neue Albedo für
jedes Gebiet. Man
berechne die
Änderung der
absorbierten
Strahlung und dann
die regionalen
Temperaturänderung
en. Dann berechne
man den neuen**

Wärmetransport von niedrigen in höhere Breiten in Abhängigkeit vom Temperaturgradienten in der jeweiligen Breite, den transportierten Wasserdampf sowie Regen- und Schneemenge. Man

**vergesse dabei
nicht, die
Eisschmelze in
hohen Breiten zu
verfolgen sowie
deren Einfluss auf
die Meridional
Overturning
Circulation (MOC),
die einen großen
Teil des
Wärmetransportes**

**vom Äquator zu den
Polen treibt. Dann
gehe man zum
nächsten Jahr, zur
nächsten Dekade
oder zum nächsten
Jahrhundert und
wiederhole das
Ganze.**

**Wie machen sich
diese
Berechnungen?**

**Ein GCM benutzt
einige
fundamentale
physikalische
Gleichungen wie
Energie- und
Massengleichgewicht.
Es benutzt
viele
parametrisierte
Gleichungen, um
Dinge zu berechnen**

**wie den
Wärmetransport von
der Oberfläche in
die Atmosphäre
abhängig von der
Windgeschwindigkeit,
Wolkenbildung,
Impulstransport
durch den Wind in
die Ozeane usw.
Was immer wir in
einem GCM haben,**

**ist besser als die
Berechnungen auf
einem Blatt Papier
(denn dort wird
man die gleichen
Gleichungen mit
viel geringerer
räumlicher und
zeitlicher
Auflösung
verwenden müssen).
Falls uns die oben**

**erwähnten
„klassischen“
Milankovitch-
Theorien
interessieren,
müssen wir die
Auswirkungen einer
Zunahme von 50
W/m² (über 10.000
Jahre) bei 65°N
herausfinden –
siehe Abbildung 1**

**im Teil V. Welche
Auswirkungen hat
eine simultane
Reduktion im
Frühjahr bei 65°N?
Heben sich die
beiden Effekte
gegenseinander auf?
Ist die
sommerliche
Zunahme
bedeutender als**

**die Reduktion im
Frühjahr? Wie
schnell sorgt die
Zirkulation für
eine Verringerung
dieser**

**Auswirkungen? Der
Wärmetransport von
Äquator zu Pol
wird getrieben
durch die
Temperaturdifferen**

**z – wie jeder
Wärmetransport.
Heizt sich also
die
Nordpolaregion
infolge
schmelzenden Eises
auf, wird sich die
Zirkulation im
Ozean und in der
Atmosphäre ändern,
und weniger Wärme**

**wird polwärts
transportiert.**

Welche

**Auswirkungen hat
das?**

Wie schnell

schmilzt ein

Eisschild bzw.

bildet es sich

neu? Können die

Zu- und Abnahmen

der absorbierten

**Sonnenstrahlung
die massiven
Eisvorstöße und
–rückzüge
erklären? Falls
die positive
Rückkopplung so
stark ist, wie
geht dann eine
Eiszeit zu Ende
und wie kann sie
10.000 Jahre**

später erneut einsetzen? All dies können wir nur mit einem allgemeinen Zirkulationsmodell GCM abschätzen. Nun gibt es da jedoch ein Problem. Ein typischer GCM-Lauf erstreckt sich

**über ein paar
Modell-Jahrzehnte
oder ein Modell-
Jahrhundert. Wir
brauchen aber
einen GCM-Lauf
über 10.000 bis
50.000 Jahre. Also
brauchen wir 500
mal höhere
Rechenleistung –
oder wir müssen**

**die Komplexität
des Modells
reduzieren.**

**Alternativ können
wir ein Modell im
Gleichgewicht zu
einer bestimmten
Zeit in der
Geschichte laufen
lassen um zu
sehen, welche
Auswirkungen die**

**historischen
Parameter auf die
uns
interessierenden
Änderungen hatten.**

Frühe

Arbeiten

Viele

Leser

dieses

Blogs

sind

häufig

verwirrt

durch

meinen

Ausdruck

**„alte
Arbeiten“**

zur

Behandlung

g eines

Themas .

**Warum
nimmt man
nicht die
aktuellst
e
Forschung**

?

Weil

ältere

Studien

normalerw

eise das

Problem

klarer

umreißen

und

detaillie

rter

***beschreiben, wie
man sich
diesem
Problem
nähert.***

**Die
jüngsten
Studien
wurden
für
Forscher**

vor Ort

geschrieben

en und

setzen

den

größten

**Teil der
bisherige
n
Erkenntni
sse als
bekannt**

**voraus –
Erkenntni
sse, die
jedermann
vor Ort
bereits**

hat. Ein

gutes

Beispiel

hierfür

ist die

Studie

**von Myhre
et al.**

(1998)

**zum Thema
„logarith-
mische**

**Formel“
für den
Strahlung
santrieb
durch
zunehmend**

en CO2 -

Gehalt.

Sie wurde

auch im

IPCC -

Zustandsb

ericht

2001

erwähnt.

Diese

Studie

hat sehr

viele

Blogger

verwirrt.

Ich habe

viele

Blogbeitr

äge

gelesen,

in denen

die

jeweilige

n Autoren

und

Kommentat

oren

wegen der

fehlenden

Rechtfert

**igung des
Inhalts
dieser
Studie ihr
e die
metaphori**

schen

Hände

gehoben

haben. Es

ist aber

nicht

**mehr
verwirren
d, wenn
man mit
der
Physik**

von

Strahlung

stranspor

ten

vertraut

ist sowie

mit den

Studien

aus den

siebziger

bis zu

den

**neunziger
Jahren,
in denen
das
Strahlung
s-**

**Ungleichg
ewicht
als Folge
von mehr
oder
weniger**

„Treibhausgasen“

berechnet

wird. Es

kommt

eben

immer auf

den

Zusammenh

ang an.

Wir

wollen

jetzt

einen

Spazierga

ng durch

einige

Jahrzehnt

e von

GCMs

machen .

Wir

beginnen

dazu mit

**Rind ,
Peteet
und Kukla
(1989) .**

**Sie
umreißen**

die

klassisch

e

Denkweise

des

Problems :

***Kukla et
al.***

(1981)

***beschreib
en, wie
die***

***orbitalen
Konfigura
tionen
anscheine
nd zu den
großen***

***Klimavari
ationen***

der

letzten

150

Millenien

passen.

Als

Ergebnis

dieser

und

anderer

***geologisch
her***

Studien

besteht

der

Konsens,

dass
orbitale
Variation
en für
die
Auslösung

eiszeitli

cher bzw.

zwischen

iszeitlic

her

Bedingung

en

verantwort

tllich

sind. Der

offensich

tllichste

Unterschied

zwischen

diesen

beiden

Regimes,

nämlich

die

Existenz

subpolare

r

kontinent

aler

Eisschild

e

scheinen

mit der

Sonnenein

***strahlung
in hohen
Breiten
der
Nordhemis
phäre im***

***Sommer
korrelier
t zu
sein. Zum
Beispiel
war die***

***Sonnenein
strahlung
im August
und
September
,***

***verglíche
n mit den
heutigen
Werten,
abgeschwä
cht, und***

***zwar etwa
116.000
Jahre vor
heute
(116 ky) .
Während***

dieser

Zeit

begann

anscheinend

das

Wachstum

des

Eises.

Die

Sonnenein

strahlung

war

***erhöht um
etwa
10.000
Jahre vor
heute,
während***

einer

Zeit

also, in

denen

sich die

Eisschild

***e rapide
zurückzog
en***

***(Berger
1978) .***

Und nun

zur

Frage, ob

Grundlage

n-Physik

die

angenomme

nen

Ursache

und

Wirkung

in

Zusammenh

ang

bringen

kann :

Sind die

solaren

Strahlung

svariatio

nen

selbst

ausreiche

nd, um

kontinent

alle

Eisschild

erwachsen

oder

schmelzen

zu

Lassen?

Die

Sonnenein

strahlung

im Juli

bei 50°N

***und 60°N
während
der
letzten
170.000
Jahre***

zeigt
Abbildung
1,
zusammen
mit den
Werten

von
August
und
September
bei 50°N
(wie der

Juli

zeigt,

traten

Fluktuati

onen bei

der

***Einstrah-
lung in
verschied-
enen
Breiten
in***

***ähnlicher
Form***

auf) . Die

Spitzen-

Variation

liegt in

*der
Größenord
nung von
10%.*

*Überträgt
man dies*

mit

gleicher

Prozentza

hl auf

Änderunge

n der

***Lufttempe
ratur,
würden
diese in
der
Größenord***

nung von

30°C

liegen.

Das wäre

mit

Sicherheit

t

ausreiche

nd, um

Schnee in

den

nördlich

ten

Gebieten

von

Nordameri

ka den

ganzen

Sommer

über zu

halten,

wo die

Juli-

Temperatu

r heute

nur etwa

10°C über

dem

Gefrierpu

nkt

liegt.

Allerdings

s

ignoriert

die

direkte

***Übertragung
alle
anderen
Phänomene
, die die
Lufttempe***

***ratur im
Sommer
beeinflus
sen, als
da wären
Wolkenbed***

eckung

und

Albedo-

Variation

en,

Langwellen

ge

Strahlung

, Flüsse

am Boden

und

Advektion

▪

Verschied

ene

Energiebi

lanz-

Klimamode

alle

wurden

verwendet

, um

abzuschät

zen, wie

***groß die
Abkühlung
in
Verbindung
g mit
verändert***

en

Orbitalpa

rametern

sein

würde.

Während

sich mit

dem

Beginn

von

Eisenausdeh

nung die

***Oberflächen-Albedo
verändert
und eine
Rückkopplung
zur***

Klimaände

rung

liefen

wird,

müssen

die

Modelle

auch

grobe

Schätzungen

en

einbeziehen

en, wie

die

Eisbedeck

ung sich

mit dem

Klima

ändert.

Mit der

geeignete

n Wahl

von

Parameter

n, von

denen

einige

durch

Beobachtu

ngen

gestützt

sind,

kann man

die

Modelle

dazu

bringen,

die

großen

Klimaänderungen

von Eis-

von Eis-

und

Zwischene

iszeiten

zu

simuliere

n.

Allerdings

s

berechnen

diese

Modelle

aus

Prinzip

nicht all

die oben

beschrieb

enen

verschied

enen

Einflüsse

auf die

Lufttempe

ratur,

und sie

enthalten

auch

keinen

hydrologi-

schen

Zyklus,

***der es
zu lassen
würde,
dass sich
eine
Schneedeck***

ke bildet

oder

ausdehnt.

Die

tatsächlich

chen

***Prozesse,
unter
denen
sich den
Sommer
über eine***

***Schneedeck
ke halten
kann,
involvieren
en
komplexe***

***hydrologi
sche und
thermisch
e***

***Einflüsse
, für***

welche

die

einfachen

Modelle

nur grobe

Annäherun

gen

Liefern

können.

Sie gehen

dann

näher auf

die

praktisch

en

Probleme

ein, die

sich aus

der

Verwendun

g von

GCMs für

Läufe

über

**Tausende
von
Jahren
ergeben,
und die
wir oben**

angesproc

hen

haben .

Das

Problem

wird

**angegange
n durch
die
Verwendun
g
vorgegebe**

**ner Werte
für
bestimmte
Parameter
und durch
Verwendun**

g eines

groben

Gitters

von 8 mal

10 Grad

und 9

vertikale

n

Schichten

·

Die

verschied

enen

Modelllläu

fe der

GCMs sind

typisch

für

dieses

Vorgehen,

GCMs zu

verwenden

, um „das

Zeug

**herauszuf
inden“ –**

man

versucht,

mit

verschied

enen

Läufen

und

verschied

enen

Änderunge

**n der
Parameter
zu
erkennen,
welche
Variation**

**en die
größten
Auswirkun
gen haben
und
welche**

**Variationen,
falls überhaupt
welche,
zu den
realistischen**

chsten Antworten führen:

TABLE 2. Description of Experiments

Run	Conditions
Current	Current climate, with current orbital parameters and SSTs
Con 1	116 kyr B.P. orbital parameters and current SSTs
Exp 1	Modified orbital parameters and current SSTs
Con 2	116 kyr B.P. orbital parameters and calculated SSTs
Exp 2	Modified orbital parameters and calculated SSTs
Exp 3	Exp 2 with 10-m land ice in locations of 18-kyr land ice
Exp 4	Exp 3 with carbon dioxide reduced by 70 ppm
Exp 5	Exp 3 with actual 106 kyr B.P. orbital parameters
Exp 6	Exp 4 with CLIMAP 18 kyr SSTs and sea ice
Exp 7	Exp 4 with (CLIMAP minus 2°C) SSTs and sea ice

SSTs, sea surface temperatures.

Wir haben

*also das
GCM des
GISS für
eine
Reihe von
Experimenten*

ten
verwendet
, in
welchen
orbitale
Parameter

***, die
atmosphä-
rische
Zusammens-
etzung
und die***

***Wassertem
peraturen
verändert
worden
sind. Wir
untersuch***

en, wie

die

verschied

enen

Einflüsse

die

Schneebedeckung

und

Eisschild

e

beeinflusst

***sen, und
zwar in
den
Regionen
der
Nordhemis***

***phäre, wo
während
des
letzten
glazialen
Maximums***

**(LGM) Eis
gelegen
hatte.
Soweit
wir
wissen,**

ist das

GCM

generell

nicht in

der Lage,

den

Beginn

des

Wachstums

der

Eisschild

e zu

simuliere
n oder
Eisschild
e auf dem
Niveau
des

***Meeresspiegel,
unabhängig
von den
verwendeten***

***orbitalen
Parameter
n oder
der
Wassertem
peratur.***

Und das

Ergebnis :

Die

Experimenten

te

zeigen,

dass es

eine

große

Diskrepan

z gibt

zwischen

***den
Modell-
Reaktionen
n auf
Milankoví
tch-***

***Störungen
und der
geophysikalischen
Beweise
des***

Beginns

der

Bildung

eines

Eisschild

es. Da

das

Modell

das

Wachstum

oder den

Erhält

von

Eisschild

en

während

der Zeit

der

***größten
Reduktion
der
Sonnenein-
strahlung
in hohen***

Breiten

nicht

simuliere

n konnte

(120.000

bis

110.000

Jahre vor

heute),

ist es

unwahrsch

einlich,

dass es

dies zu

irgendein

er

anderen

Zeit

innerhalb

der

letzten

vielen

hundertta

uend

Jahre

vermocht

hätte.

Wenn die

Modellläuf

e korrekt

***sind,
zeigt
dies,
dass das
Wachstum
des Eises***

in einer

extrem

Wärme

absorbier

enden

Umgebung

statt fand

▪

Folglich

bedurfte

es

irgendein

er

komplizier

rten

Strategie

oder auch

irgendwel

cher

anderen

Klimatrei

ber

zusätzlich

h zum

***Einfluss
der
orbitalen
Variation
(und CO₂-
Reduktion***

**) . Dies
würde
implizieren
en , dass
wir die
Ursache**

***von
Eiszeiten
und den
Zusammenh
ang mit
Milanłovi***

***tch nicht
wirklich
verstehen
. Falls
das
Modell***

nicht

annähernd

sensitiv

genug auf

Klimaandr

iebe

anspricht

, kann

das

Implikati

onen auf

Projektio

nen

künftiger

Klimaände

rungen

haben .

Das

***grundlege
nde***

***Modellexp
eriment***

***hinsichtl
ich der***

Fähigkeit

von

Milankovi

tch-

Variation

en,

selbst

Eisschild

e in

einem GCM

zu bilden

(Experime

*nt 2),
zeigt,
dass im
GISS-GCM
nicht
einmal*

übertrieb

ene

Strahlung

sdefizite

im Sommer

dazu

ausreiche

n. Lässt

man

ausgedehn

te

Eisschild

e in

einer

Höhe von

10 m ü.

NN

eingehen

**sowie
eine CO₂-
Reduktion
um 70
ppm,
Zunahme**

*des
Meerereises
bis zu
vollen
Eiszeitbe-
dingungen*

***und
Wassertem
peraturen
, die auf
CLIMAP-
Schätzung***

en vor

18.000

Jahren

oder noch

niedriger

reduziert

**wurden ,
ist das
Modell
kaum in
der Lage ,
diese**

Eisschild

e in

begrenzte

n

Gebieten

vor dem

Schmelzen

zu

bewahren.

Wie

wahrscheinlich

ist

***es, dass
diese
Ergebnisse
den
aktuellen
Stand der***

***Dinge
repräsent
ieren?***

**Das waren
die GCMS
des**

Jahres

1989.

Phillips

und Held

(1994)

hatten im

Wesentlich

haben das

gleiche

Problem.

Das ist

der

berühmte

Isaac

Held, der

extensiv

über

Klimadyna

mik

gearbeite

t hat

sowie

über

Wasserdam

pf -

Rückkoppl

ung und

GCMs . Er

betreibt

einen

sehr
Lesenswer
ten
exzellent
en Blog.

Während

paläoklim

atische

Aufzeichn

ungen

deutliche

Beweise

***zur
Stützung
der
astronomi-
schen
oder***

Milanković

tch-

Theorie

von

Eiszeiten

liefern

***(Hays et
al.
1976),
sind die
Mechanism
en, mit***

***denen
orbitale
Änderungen
das
Klima
beeinflusst***

sen,

immer

noch

ziemlich

schlecht

verstande

***n . Für
diese
Studie
nutzen
wir das
gemischte***

***Atmosphäre
e-Ozean-
Modell
[the
atmospher
e-mixed***

Layer

ocean

model].

Bei der

Untersuch

ung der

***Sensitivität
dieses
Modells
auf
unterschied***

***edliche
Kombinati
onen
orbitaler
Parameter
haben wir***

***drei
numerisch
e
Experimen
te
miteinand***

er

verglíche

n.

Sie

beschreib

en die

**Vergleich
smodelle:
*Angefange
n haben
wir mit
der***

***Auswahl
der
beiden
Experimente,
die
vermutlich***

h die

größten

Unterschi

ede

hinsichtl

ich des

***Klīmas
zeitigen
unter
Vorgabe
der
Bandbreite***

e von

berechnet

en

Variation

en von

Parameter

***n, die
sich
während
der
letzten
paar***

hundertta

usend

Jahre

ereignet

haben .

Die

***Exzentrizität wird
in beiden
Fällen
mit 0,04
gleich***

gesetzt.

Das ist

deutlich

größer

als der

gegenwärt

ige Wert

von

0,016,

aber

vergleich

bar mit

dem, was

es vor

90.000

bis

150.000

Jahren

gegeben

hat.

Im ersten

Experiment

t werden

das

Perihel

zur

Sommer-

Sonnenwen

de der

Nordhemis

phäre und

die

Neigung

auf den

hohen

Wert von

24°

gesetzt.

Im

zweiten

Fall

liegt das

Perihel

zum

Zeitpunkt

der

Winterson

nennwende

***auf der
Nordhemis
phäre,
und die
Neigung
entspricht***

t 22%.

Perihel

und

Neigung

begünstig

en beide

warme

Sommer

der

Nordhemis

phäre im

ersten

Fall und

kühle

nördliche

Sommer im

zweiten

Fall.

***Diese
Experimente
werden
jetzt
jeweils
mit WS***

bzw. CS

bezeichnet

t.

Dann

haben wir

eine

weitere

Berechnun

g

durchgefö

hrt, um

zu

***bestimmen
, wie
viel der
Differenz
zwischen
diesen***

***beiden
Integrati
onen der
Verschieb
ung des
Perihel***

***geschuldet
t ist und
wie viel
davon der
Änderung
der***

Neigung.

In diesem

dritten

Modell

liegt das

Perihel

zur

Sommerson

nenwende,

aber die

Neigung

beträgt

nur 22°.

Die

Exzentriz

ität ist

immer

noch mit

0,04

angesetzt

. Dieses

Experiment

t wird im

Folgenden

als W22

bezeichnet

t.

Aber

trauriger

weise:

***Trotz der
großen
Temperatu
ränderung
en auf
dem***

***Festland
erzeugt
das CS-
Experimen
t
keinerlei***

neue

Regionen

mit

permanent

er

Schneebed

***eckung
auf der
Nordhemis
phäre.***

***Die
gesamte***

Schneedecke

schmilzt

im Sommer

vollständig

ig.

***Folglich
ist das
Modell,
so wie
derzeit
getrimmt,***

***nicht in
der Lage,
den
Beginn
der
Bildung***

***von
Eisschild
en allein
aufgrund
orbitaler
Störungen***

zu

simuliere

n. Dies

ist

konsisten

t mit dem

Ergebnissen von Rind mit einem GCM (Rind et al.

1989) .

Im

nächsten

Artikel

schauen

wir auf

günstiger

e

Ergebniss

e im

ersten

Jahrzehnt

dieses

Jahrhunde

rts.

http://sc

ienceofdo

om.com/20

13/11/23/

ghosts -

of -

climates -

past -

part -

seven -

gcm - i /

Die

bisherige

n Teile:

Teil I

und II:

http://ww

w.eike-

klima-

energie.e

u / climate

gate -

anzeige / d

as -

raetsel -

der -

eiszeiten

-teil-i-

und-ii/

Teil III:

http://ww

w.eike-

klima-

energie.e

u/climate

gate-

anzeige/d

as -

raetseel -

der -

eiszeiten

-teil -

iii -hays -

**imbric-
shackleton
n/**

Teil IV:

http://ww

w.eike-

klima-

energie.e

u/climate

gate-

anzeige/d

as -

raetseel -

der -

eiszeiten

-teil -iv -

umlaufbah

nen -

jahreszei

ten - und -

mehr /

Teil v:

**http://www.
eike-
klima-
energie.e
u/klima-
anzeige/d**

as -

raetsel -

der -

eiszeiten

-teil -v-

aenderung

en - der -

ekliptik -

und - der -

praezessi

on /

Teil VI:

http://ww

w.eike-

klima-

energie.e

u/klima-

anzeige/d

as -

raetsel -

der -

eiszeiten

-teil -vi -

hypothese

n - im -

ueberflus

s /

