

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

[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) absorbiertem 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
Temperaturänderunge
n. 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/m^2
(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 gegeneinander 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 Temperaturdifferenz – wie jeder Wärmetransport. Heißt sich also die Nordpolarregion 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 e i n e s
Themas .**

Warum

n i m m t m a n

n i c h t d i e

a k t u e l l s t

e

Forschung

?

Weil

ältere

***Studien
normalerw
eise das
Problem
klarer
umreißen***

***und
detaillierte
beschreiben,
wie
man sich***

***diesem
Problem
näher.***

**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
„Treibhaus-
gasen“**

**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
Millionen***

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,
abgeschwächt,
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

angenommen

nen

Ursache

und

Wirkung

in

Zusammenh

ang

bringen

kann :

Sind die

***solaren
Strahlung
variationen
selbst
ausreiche***

*nd, um
kontinent
ale
Eisschild
e wachsen
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***

***Fluktuationen bei
der
Einstrahlung 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

ausreichende,

um

***Schnee in
den
nördlichs
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,
Langwelli
ge
Strahlung
, Flüsse***

***am Boden
und
Advektion***

.

Verschied

ene

Energiebü

lanz-

Klimamode

lle

wurden

***verwendet
, um
abzuschätzen, wie
groß die
Abkühlung***

in

Verbindung

g mit

verändert

en

Orbitalpa

rametern

sein

würde.

Während

sich mit

dem

Beginn

von

Eisausdeh-

nung die

Oberfläch-

en-Albedo

***verändert
und eine
Rückkopplung zur
KLIMAÄNDERUNG***

**Liefen
wird,
müssen
die
Modelle
auch**

***grobe
Schätzungen
einbeziehen,
wie
die***

***Eisbedeckung
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-
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

tatsächli

chen

Prozesse,

unter

denen

sich den

Sommer

über eine

Schneedeck

ke halten

kann,

involvieren

en

komplexe

hydrologie

*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**

**angespro
chen
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

Modellläu

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

**Änderungen
der
Parameter
zu
erkennen,
welche**

**Variation
en die
größten
Auswirkungen
haben
und**

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

realistic chsten Antworten föhren:

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
verwendet
, in
welchen
orbitale***

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

***und die
Wassertem-
peraturen
verändert
worden
sind. Wir***

***untersuchen, wie
die
verschiedenen
Einflüsse***

die

Schneebed

eckung

und

Eisschild

e

***beeinflus
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
Meeresspie-
gels,
unabhängi-
g von den
verwendet*

en

orbitalen

Parameter

n oder

der

Wasserten

peratur.

Und das

Ergebnis :

Die

Experimenten

te

zeigen,

dass es

eine

große

***Diskrepanz
z gibt
zwischen
den
Modell-
Reaktionen***

*n auf
Milanković
tch-
Störungen
und der
geophysik*

alischen

Beweise

des

Beginnns

der

Bildung

eines

Eisschild

es. Da

das

Modell

das

Wachstum

oder den

Erhalt

von

Eisschild

en

***während
der Zeit
der
größten
Reduktion
der***

***Sonneneinstrahlung
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
Modellläufe
korrekt
sind,
zeigt
dies,***

***dass das
Wachstum
des Eisens
in einer
extrem
Wärme***

***absorbier
enden***

Umgebung

stattfand

.

Folglich

bedurfte

es

irgendein

er

komplizie

rten

***Strategie
oder auch
irgendwel
cher
anderen
Klimatrei***

ber

zusätzlich

h zum

Einfluss

der

orbitalen

***Variation
(und CO2-
Reduktion
) . Dies
würde
implizier***

***en, dass
wir die
Ursache
von
Eiszeiten
und den***

***Zusammenh
ang mit
Milan Lovi
tch nicht
wirklich
verstehen***

. Falls

das

Modell

nicht

annähernd

sensitiv

***genug auf
Klimaant
iebe
anspricht
, kann
das***

***Implikati
onen auf
Projektio
nen
künftiger
KLimaände***

***rungen
haben .***

***Das
grundlege
nde***

***Modellexperiment
hinsichtlich
der
Fähigkeit
von***

Milanković

tch-

Variation

en,

selbst

Eisschild

***e in
einem GCM
zu bilden
(Experiment 2),
zeigt,***

dass im
GISS - GCM
nicht
einmal
übertrieb
ene

***Strahlung
sdefizite
im Sommer
dazu
ausreiche
n. Lässt***

man

ausgedehnt

te

Eisschild

e in

einer

Höhe von

10 m ü.

NN

eingehen

sowie

eine CO₂-

***Reduktion
um 70
ppm,
Zunahme
des
Meereises***

***bis zu
vollen
Eiszeitbe
dingungen
und
Wasserten***

***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

***Ergebniss
e 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***

Liefere
(Hays et
al.
1976) ,
sind die
Mechanism

***en, mit
denen
orbitale
Änderunge
n das
Klima***

beeinflus

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***

***unterschiedliche
Kombinationen
orbitaler
Parameter***

haben wir

drei

numerisch

e

Experimente

te

miteinander

er

vergleiche

n.

Sie

**beschreib
en die
Vergleich
smodelle:**

Angefangen

n haben

wir mit

der

Auswahl

der

beiden

***Experimente, die
vermutlich die
größten
Unterschi***

ede

hinsichtl

ich des

Klimas

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

Exzentriz

ität 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

nenwende

auf der

Nordhemis

*phäre,
und die
Neigung
entspricht
22%.*

Perihel

***und
Neigung
begünstig
en beide
warme
Sommer***

*der
Nordhemis
phäre im
ersten
Fall und
kühle*

***nördliche
Sommer im
zweiten
Fall.
Diese
Experimen***

te werden

jetzt

jeweils

mit WS

bzw. CS

bezeichnen

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
geschulde***

*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

Experimen

t wird im

Folgenden

als W22

bezeichnet.

**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://www>

w.eike-

klima-

energie.e

u/climate

gate-

anzeige/d

as -

raetseel -

der -

eiszeiten

-teil -i-

und -ii/

Teil III:

http://ww

w.eike-

klima-

energie.e

u/climate

gate-

anzeige/d

as-

raetsel-

der-

eiszeiten

- teil -

iii - hays -

imbrie -

shackletto

n /

Teil IV:

http://ww

w.eike-

klima-

energie.e

u/climate

gate-

anzeige/d

as-

raetsel-

der-

eiszeiten

**- teil - iv -
umlaufbah
nen -
jahreszei
ten - und -
mehr /**

Teil V:

http://ww

w.eike-

klima-

energie.e

u/klima-

anzeige/d

as -

raetsel -

der -

eiszeiten

-teil -v -

aenderung

en - der -

ekliptik -

und - der -

praезessi

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/

