

Das Rätsel der Eiszeiten, Teil I und II

geschrieben von Wolfgang Müller | 13. Februar 2014

Was ist SOD, wer ist verantwortlich und was ist seine Philosophie

Science of doom (SOD) (hier) ist ein Klima-Wissenschaftsblog von bester Qualität. Es ist etwas mühsam herauszubekommen, wer ihn betreibt. Schließlich wird man bei Wikipedia fündig. Es sind die beiden Professoren Peter Ward (Paläontologe, Univ. Washington, USA, hier) sowie Donald Brownlee (Astronom an der Univ. Washington, USA, hier). Wer Englisch mag, sollte SOD im Original lesen, denn in der deutschen Übersetzung geht einiges von der angelsächsischen Ironie verloren. Außerdem sind wir der Meinung, dass insbesondere die SOD-Kommentare oft fast ebenso wertvoll sind wie der SOD-Text selber. Hier

tummeln sich meist Fachleute.
Verbissene Auseinandersetzungen wie
in manch anderen Klima-Blogs (wir
nennen besser keine Namen), die sich
durch mangelnde Fachkenntnissen und
der sich daraus ergebenden
Unbelehrbarkeit der Streithähne
auszeichnen, sucht man in SOD
glücklicherweise vergebens. Wir
möchten ferner betonen:

Die von uns verfasste deutsche
Version ergänzt in vielen
Einzelheiten das Original und ist
nicht immer die wörtliche
Übersetzung. Insbesondere haben wir
– wenn es uns zur Verdeutlichung als
notwendig erschien – eigene
Textteile, Kommentare und fachliche
Ergänzungen hinzugefügt.

Das Rätsel der Eiszeiten, Teil 1 – Einführung

**Für viele
Teilnehmer an der
Klimadebatte ist
es ein Schock,
wenn sie zum
ersten Mal
erkennen, wie oft
und wie stark sich**

**das Klima in der
Vergangenheit
geändert hat.
Selbst Prinz
Charles
war vermeintlich
irritiert, als er
fragte:**

***Nun, wenn es ein
Mythos ist und die
globale***

**wissenschaftliche
Gemeinschaft in
eine Art
Verschwörung
involviert ist,
wie kommt es dann,
dass auf der
ganzen Welt der
Meeresspiegel über
sechs Inches [über
15 cm] höher liegt
als vor 100**

Jahren?

**Dieser Kommentar
von Prinz Charles
ist komisch, aber
nicht
überraschend, da
die meisten
Menschen keine
Ahnung von der
Klimavergangenheit
haben (Meine tief**

**empfundene
Entschuldigung an
Prinz Charles,
falls er von den
Englischen Medien
falsch zitiert
worden sein
sollte)**

**Man schaue sich
nur die folgende
"unbequeme"**

**Temperaturgraphik
an, wenn man sehen
will, wie sich die
Temperaturen im
Laufe der letzten
150.000 Jahre und
weiter noch
während der
letzten Millionen
Jahre verändert
haben:**



***Quelle: "Holmes' Principles of Physical Geology"
4th Ed. 1993***

Die letzte Million Jahre sind unglaublich. Der Meeresspiegel – soweit wir das mit einiger Sicherheit

**sagen können – hat
sich um mindestens
120 m nach oben
und unten bewegt,
vielleicht sogar
noch um mehr. Es
gibt nun zwei
Sichtweisen, die
diese massiven
Änderungen zu
erklären meinen.
Besonders**

**interessant ist
dabei, wie die
gleichen Daten auf
derart
unterschiedliche
Weisen
interpretiert
werden können.
Entweder nämlich
so:**

Die gewaltigen

***Änderungen des
Klimas der
Vergangenheit, die
wir aus
Meeresspiegel- und
Temperatur-
Rekonstruktionen
erkennen können,
zeigen, dass sich
das Klima immer
ändert. Sie
zeigen, dass die***

**Temperaturzunahme
des 20.
Jahrhunderts
nichts
Ungewöhnliches
sind. Und sie
zeigen, dass das
Klima viel zu
unvorhersagbar
ist, um genau
modelliert werden
zu können.**

Oder ganz anders

so:

***Die gewaltigen
Änderungen des
Klimas der
Vergangenheit
zeigen die
sensitive Natur
unseres Klimas.
Kleine Änderungen
der Solarstrahlung***

***und kleinere
Änderungen der
Verteilung der
Sonnenenergie über
die Jahreszeiten
(durch kleinere
Änderungen im
Erdbit) haben zu
Klimaänderungen
geführt, die heute
katastrophal
wären.***

***Klimamodelle
können diese
Änderungen der
Vergangenheit
erklären. Und wenn
wir den
Strahlungsantrieb
des anthropogenen
CO2 mit diesen
kleinen Änderungen
vergleichen,
erkennen wir, was***

***für eine
unglaubliche
Gefahr wir für
unseren Planeten
erschaffen haben.***

**Ein Datensatz
also, aber zwei
völlig
verschiedene
Sichtweisen. Wir
werden versuchen,**

**diese "Geister der
Klimavergangenheit
" im Nachfolgenden
besser zu
verstehen.**

Das

Rätseł

der

Eiszeiten

, Teil II

– Lorenz

Vor sehr

langer

Zeit habe

ich den

**Beitrag G
hosts of
Climates
Past
geschrieben
en. Ich**

habe

viele

Paper zu

den

Eiszeiten

und den

**Zwischene
iszeiten
gelesen,
bin aber
nie an
den Punkt**

gel**an**gt ,

von dem

ab ich

irgendetw

as

Zusammenh

**hängendes
schreiben
konnte.**

Dieser

Beitrag

ist mein

**Versuch ,
wieder in
die Gänge
zu kommen
– nachdem
ich lange**

**Zeit zu
beschäfti
gt
gewesen
war,
irgendwel**

che

Artikel

zu

schreiben

■

**In seinem
Paper aus
dem Jahr
1968 mit
dem Titel
Climatic**

**Determini
sm –**

**präsentie
rt auf
einem**

Symposium

unter dem

Motto

Causes of

CLIMATIC

Change –

schreibt

der

berühmte

Edward

Lorenz:

Die oft

***akzeptier
te***

Hypothese

, dass

die

physikalisi

schen
Gesetze,
die das
Verhalten
der
Atmosphäre

e

bestimm,

das Klima

eindeutig

festlegen

, wird

***kritisch
geprüft.
Es ist zu
betonen,
dass es
physikalisch***

sche

Systeme

gibt,

deren

Statistik

en über

unbegrenzt

te

Zeitintervalle

alle

eindeutig

durch

***herrschen
de
Gesetze
und
Umweltbed
ingungen***

***gesteuert
werden
(transiti
ve
Systeme) ;
und es***

***andere
Systeme
gibt, bei
denen das
nicht der
Fall ist***

***(intrinsitive
Systeme) .***

***Es gibt
auch***

***bestimmte
transitiv
e Systeme
(fast
intransit
ive***

***Systeme),
deren
Statistik
en sich
über sehr
lange,***

aber

begrenzte

Zeitinter

valle

merklich

von einem

Intervall

zum

nächsten

untersche

iden. Es

wird hier

***die
Möglichkeit
in
Erwägung
gezogen,
dass***

***Langzeitl
iche
klimatisc
he
Änderunge
n eher***

*aus der
Fast-
Intransit
ivität
der
Atmosphäre*

e

resultier

en, als

dass sie

von

äußeren

***Umweltänderungen
verursacht werden.***

Diese

Sprache

könnte

vielen

Lesern

etwas

dunkel

vorkommen

. Aber

Lorenz

verdeutli

cht in

seinem

**Paper
weiter:**

***.....Während
dieses
Symposium***

***s kann
erwartet
werden,
dass
viele
alternati***

***ve und
manchmal
Widerspru
ch
auslösend
e***

Erklärungen
en

angeboten
werden.

Einige
davon

***werden
Änderunge
n des
Klimas
den
Änderunge***

*n der
Eigenscha
ften der
Ozeane
zuordnen.
Andere*

können

sich auf

Variation

en

vulkanisc

her

***Aktivität
beziehen.***

Wieder

andere

werden

Fluktuati

***onen der
Sonnenstr
ahlung
berücksic
htigen.***

Die von

mir

gewählten

Erklärungen

haben

als

***Hauptgründe für die
Änderungen des
Verhaltens der***

***Atmosphäre
die
Änderungen
der
Umgebung
dieser***

***Atmosphäre
e. Jene,
die
solche
Erklärungen
en***

***propagieren,
könnten
mit sehr
guten
Gründen***

annehmen :

falls

Umwelt ein

flüsse

vor

Langer

***Zeit die
Gleichen
gewesen
wären wie
heute,
müsste***

*auch das
historisc
he Klima
das
Gleiche
gewesen*

sein;
daher die
Notwendig
keit des
Bezugs
auf

***Umweltänderungen
als eine
Erklärung
. Kurz
gesagt,***

sie

könnten

zu der

nicht

unvernünftigen

tigen

**Schlussfolgerungen,
dass die
Umgebung
der**

Atmosphäre
e

zusammen

mit der

internen

Physik

*der
Atmosphäre
e das
Klima auf
mehr oder
weniger*

***eindeutig
e Weise
bestimmt.***

***Genau
diese***

***Hypothese
, nämlich
dass
einzig
die die
Atmosphäre***

e

steuernde

n

physikalische

schen

Gesetze

***für das
Klima
verantwortlich
sind,
möchte***

ich

kritisch

überprüfe

n.

[Link zum

Original

dieses

Ausschnitt

ts:

http://sc

ienceofdo

***om.files.
wordpress
.com/2013
/10/Loren
z-1968-1.
png]***

Lorenz

fasst

hier also

transitiv

e Systeme

ins Auge

**– das
heißt,
die
Anfangsbe
dingungen
bestimmen**

**nicht den
zukünftig**

en

Klimazust

and.

Stattdess

**en tun
dies die
Physik
und die
„äußeren
Einflüsse**

**“ oder
Antriebe
(wie die
auf dem
Planeten
einfallen**

de

Solarstrahlung).

Lorenz

schreibt

weiter:

***Vor
allem,
wenn die
ein
physikalisch
sches***

***System
steuernde
n
Gleichung
en linear
sind,***

***kann ein
einheitli-
cher Satz
langfrist-
iger
Statistik***

***en oft in
analytisc
her Form
ausgedrüc
kt
werden .***

***Allerdings
s sind
die die
Atmosphä
e
steuernde***

n

Gleichung

en in

höchstem

Maße

nicht

Linear.

Die den

Hauptteil

der

Schwierig

keiten

ausmachen

den

Nichtlinie

arität

ist

Advektion

– der

Transport

von

bestimmte

n

Eigenscha

***ften der
Atmosphär
e von
einem
Gebiet zu
einem***

anderen

Gebiet

durch die

Bewegung

der

Atmosphäre

e selbst.

Da die

Bewegung

der

Atmosphäre

e von

einer

Stelle zu

einer

anderen

ebenfalls

eine der

***Eigenschaften der
Atmosphäre
ist,
die von
abhängige***

n

Variablen

repräsent

iert

wird,

werden

jene

Terme in

den

Gleichung

en, die

die

***Advektion
repräsentieren,
quadratisch
sein,
was das***

gesamte

System

nichtline

ar macht.

Im Falle

nichtline

arer

Gleichung

en ist

die

Einheitli

chkeit

langzeitl

icher

Statistik

en nicht

sicher.

***Die
mathemati
sche
Modellbil
dung als
System***

***von
gekoppelt
en
Gleichung
en,
ausgedrüc***

***kt in
determini
stischer
Form,
zusammen
mit einem***

***spezifizierten
Satz von
Anfangsbedingungen,
,***

bestimmen

die

zeitabhän

gige

Lösung.

Diese

***erstreckt
sich
unendlich
in die
Zukunft
und legt***

daher

einen

Satz

langzeitl

icher

Statistik

en fest.

Bleibt

die

Frage, ob

derartige

Statistik

***en
unabhängi
g von der
Wahl der
Anfangsbe
dingungen***

*sind. Wir
definiere
n ein
transitiv
es System
von*

***Gleichung
en als
eines,
bei dem
dies der
Fall ist.***

***Gibt es
jedoch
zwei oder
noch mehr
Sätze
langzeitl***

ischer

Statistik

en, von

denen

jede eine

Wahrscheinlichkeit

n
l
i
ch
kei
t

g
r
ö
ß
e
r

a
l
s

N
u
l
l

f
ü
r

d
i
e

A
b
h
ä
n
g
i
g
k

e
i
t

v
o
n

***den
gewählten
Anfangsbe
dingungen
aufweist,
nennen***

wir das

System

intransit

iv.

Bisher

sind dies

nur

Definitionen.

Die

mathematische

sche

***Theorie
sagt uns
aber,
dass
sowohl
transitiv***

e als

auch

intransit

ive

Systeme

existiere

n . Mehr

noch ,

bislang

wurde

kein

einfacher

***Weg
gefunden,
zu
entscheid
en, ob
ein***

willkürli

ches

vorgelegt

es

Gleichung

ssystem

transitiv
oder
intransitiv
ist.

[Link:

**http://scienceofdo
om.files.
wordpress
.com/2013
/10/Loren**

z - 1968 - 21

. png]

Hier

führt

Lorenz

das

verbreite

t

bekannte

Konzept

eines

**„chaotisc
hen**

Systems“

ein, in

dem

unterschi

edliche

Anfangsbe

dingungen

zu

unterschi

edlichen

**Langzeitl
ichen**

**Ergebniss
en**

führen.

(Man

**beachte,
dass es
chaotisch
e Systeme
geben
kann, in**

welchen

unterschi

edliche

Anfangsbe

dingungen

unterschi

edliche

Zeitreihe

n mit den

gleichen

statistis

chen

**Eigenschaften über
einen
Zeitraum
erzeugen
– daher**

ist

"intransi

tiv" die

restrikti

vere

Bezeichnu

ng (siehe
die
Originala
rbeit für
mehr
Einzelhei

ten) .

3.

Beispiele

eines

intransit

iven

Systems

Da ein

intransit

ives

physikalische

*System,
in dem*

die

physikalische

schen

Gesetze

nicht

einheitli

ch das

Klima

steuern,

ein

ungewöhnl

iches

Konzept

ist,

seien ein

paar

Beispiele

genannt.

Eines

wird

durch

*Laborexpe
rimente*

zur

Simulation

n

bestimmte

r

atmosphä

ischer

Vorgänge

geliefert

***(siehe
Fultz et
al. 1959
und Hide
1958) .***

Der

Versuchsa

ufbau

besteht

im

Wesentlich

hen aus

***einem
rotierend
en Bassin
mit
Wasser,
das einer***

***unterschiedlichen
Erwärmung
ausgesetzt wird.
Die***

Bewegung

des

Wassers

wird

durch ein

Kontrastm

ittel

sichtbar

gemacht.

Unter

geeignete

n

Bedingungen
en

entsteht

ein sich

um die

Rotations

achse

bewegende

s

Wellenmus

ter.

Unter

bestimmte

n

festgeleg

ten

Bedingung

en wird

eine

Anordnung

von vier

Wellen

unbegrenzt

t lange

bestehen

bleiben,

wenn es

sich erst

einmal

gebildet

hat; aber

eine

Anordnung

von fünf

Wellen

bleibt

ebenfalls

unbegrenzt

lange

bestehen.

Das ist

ein

wirklich

intransit

ives

System.

Externes

***Manipulieren wie
umrühren
des
Wassers
mit einem***

***Bleistift
kann das
System
von vier
Wellen in
eines mit***

fünf

Wellen

umwandeln

und

umgekehrt

. Unter

geringfügig

ig

verändert

en

festgelegt

ten

**äußeren
Bedingungen
wie z.
B. einer
etwas
höheren**

***Rotations
geschwindigkeit,
wird sich
nur das
System***

mit fünf

Wellen

ausbilden

. In

diesem

Falle ist

das

System

transitiv

.

Transitiv

ität ist

eine

qualitati

ve

Eigenscha

ft des

Experimen

***ts, aber
sie hängt
definitiv
ab von
den
quantität***

iven

Eigenschaften

der

Eingangsg

rößen .

Ein

anderes

Beispiel

wird

durch

einfache

***numerisch
e Modelle***

zur

Simulation

n

allgemein

er

Eigenschaften

ften der

Atmosphäre

e

geliefert

***(siehe z.
B. Lorenz
1963).
Sowohl
transitiv
e als***

auch

intransit

ive

Systeme

sind

leicht zu

***konstruieren. Der
Unterschied
zwischen
ihnen***

kann

einfach

der

numerisch

e Wert

eines

***einzelnen
vorbestim
mten
Parameter
s sein.***

***Wie ist
das nun
in der
realen
Atmosphäre
e? Ist***

sie

transitiv

? Wir

wissen es

nicht.

Die

***Atmosphäre
e ist
weder ein
Laborexpe
riment
noch ein***

Zahlensat

z in

einem

Computer,

und wir

können

***sie nicht
abschalten
und
dann
erneut in
Bewegung***

setzen,
um zu
sehen, ob
sich ein
neues
Klima

bildet.

Auch die

derzeit

bekannte

mathemati

sche

***Theorie
gibt uns
darauf
keine
Antwort . . .***

***Wie war
das doch
gleich
wieder
mit der
realen***

***Atmosphäre
e? Es war
nicht
meine
ursprüngl
iche***

Absicht,

einen

Pflock

"Fast-

Intransit

ivität"

als

Hauptgrun

d für

eine

Klimaände

rung

einzuschlagen.

***Allerdings ist die
Fast-
Intransit***

ivität

ein zu

wichtiges

Phänomen,

um als

Ganzes

missachte

t zu

werden.

Was

dieses

Symposium

***angeht,
habe ich
den
deutliche
n
Eindruck,***

**dass auch
niemand
anders
einen
solchen
Pflöck**

***einschlag
en wird.***

Lassen

Sie mich

also

sagen,

dass ich

Fast-

Intransit

ivität

als

prinzipie

***Allen
Grund für
Klimaänderungen
für
möglich***

***halte,
aber
nicht in
der Lagen
bin zu
sagen,***

sie sei

der

wahrscheinlichste

Grund.

Vielleicht

t kann

man

einmal

mehr

sagen,

wenn wir

die

Gelegenhe

it

erhalten,

die

Lösungen

*von viel
größeren
numerisch
en*

*Modellen
auf viel*

***Längere
Zeitinter
valle
auszudehe
n und
dabei zu***

***sehen, ob
Fast-
Intransit
ivität im
Zeitmaßst
ab von***

***Jahrhunde
rten und
nicht nur
von
Jahren
auftritt.***

5.

Schlussfolgerungen

Trotz

unseres

mageren

Wissens

über die

Fast-

Intransit

ivität

***können
wir ein
paar
Schlussfo
lgerungen
ziehen.***

Zum Einen

kann die

bloße

Existenz

langzeitl

icher

Klimaänderungen

rungen

nicht aus

sich

selbst

heraus

als

Beweis

für

Umweltver

änderunge

n

herangezogen

werden;

es gibt

jetzt

alternati

ve

Erklärung

en. Und

schließlich

ch, was

ist mit

***der nicht
unwahrscheinlichen
Möglichkeit,
dass
die***

***Atmosphäre
e fast-
intransit
iv ist,
falls die
Umwelten***

***flüsse
konstant
sind,
während
gleichzei
tig***

äußere

Umweltver

änderunge

n

stattfind

en? Die

***Auswirkungen
dieser
Änderungen
werden
dann***

***schwierig
er zu
entdecken
und
kausale
Beziehung***

en

schwierig

er zu

etabliere

n sein.

Zum

Beispiel:

eine

Umweltver

änderung,

die einen

Temperatu

anstieg

um 2°C

zur Folge

hat,

könnte

genau zu

***der Zeit
erfolgen,
wenn die
Temperatu
r als
Folge der***

Fast-

Intransit

ivität um

2°C

fällt.

Die

***Umweltver
änderung
bleibt
dann
unbemerkt
, weil***

niemand

einen

Grund

erkennt,

nach ihr

zu

suchen .

Zusammeng

efasst

kann das

Klima

***determini
stisch
sein oder
auch
nicht.
Möglicher***

weise

werden

wir das

niemals

sicher

sagen

können.

Wenn aber

die

mathemati

sche

Theorie

***weiter
entwickel
t wird,
könnten
wir
hinsichtl***

ich

unserer

Ansichten

allmählich

h

sicherer

werden .

**Nun , das
ist ein
interessan
ter**

Ansatz

des

bedeutend

en

Lorenz' .

Ein

späteres

Paper,

nämlich

von

Kagan,

Maslova &

Sept

(1994)

kommentier

te

Lorenz'

Studie

**aus dem
Jahr 1968
und
erzielte
mit einem
ziemlich**

einfachen

Modell

interessan-

te

Ergebnisse:

e:

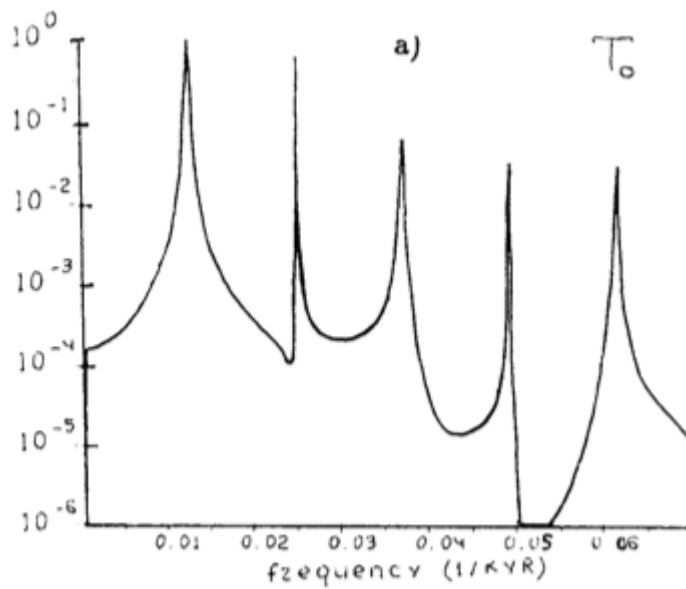


Bild:
Spektrale
Intensität

*t von
Klimaperi
odizität
n gegen
Frequenz
in*

***[1/tausen
d Jahre],
die
Periodenl
änge
ergibt***

***sich aus
dem
Kehrwert
der
Frequenz.***

**Im paper
von Kagen
und
Maslova
findet
sich**

**weiter
folgender
Kommentar**

:

Man

beachte

folgende

bemerkens

wertesten

Eigenschaften

ften:

***erstens,
die
starken
Maxima
bei den
Perioden***

80 x 10³,

41 x 10³,

21 x 10³

und 18 x

10³

Jahren

***nahe der
Exzentriz
itäts-
Periode
(~100 x
10³***

Jahre),

der

"precessi

onal" -

Periode

(~41 x

10^3

Jahre)

sowie der

Präzessions

ns -

Perioden

**($\sim 23 \times 10^3$ und
 $\sim 19 \times 10^3$
Jahre).
zweitens,
eine**

Abnahme

der

Amplitude

n der

Ozeantemp

eratur-

***Oszillationen mit
Perioden
von 21×10^3
und
 18×10^3***

Jahren

mit

zunehmend

er Tiefe

(oder

Breite);

***und
drittens
die
führende
Rolle der
Änderunge***

*n des
Partialdr
ucks des
atmosphä
rischen
CO₂*

***während
Änderungen
der
kontinentalen
Eismassen***

***(cf.
Abbildungen
en 2a und
2b) .***

Diese

***Eigenschaften der
Lösung
sind
ähnlich
den aus***

***geochemis
chen***

Studien

***gewonnene
n Daten***

(Broecker

und

Danton

1989;

Imbric

1992;

Ruddiman

*und
McIntyre
1984),
jedoch in
keiner
Weise*

verbunden

mit

Variation

en der

astronomi

schen

Parameter

. Im

Einzelnen

sind 80 x

10^3 Jahre

eine

***Periode
diskontin
uierliche
r Auto-
oszillati
onen. 41***

x 10³ und

21 x 10³

Jahre

sind

Perioden

ihrer

***Schwingun
gen, und
18 x 10³
Jahre ist
eine
Periode,***

***die
definiert
wird
durch die
Differenz
zwischen***

***der
Lebenszeit
t einer
normalen
(gegenwärtigen)***

***und
anormalen
(umgekehr
ten)
Zirkulati
on***

(Abbildung 2c).

Mit

anderen

Worten,

in

unserem

Fall ist

der Grund

für die

oben

genannten

***Eigenschaften die
interne
Variabilität des
Klimasystems***

ems als

Folge von

diskontin

uierliche

n Auto-

Oszillati

***onen der
ozeanisch
en
thermoal
inen
Zirkulati***

on .

Das

heißt ,

ein paar

zusammen

arbeitend

e

gekoppelt

e Systeme

können

ausgeprägt

te

Veränderu

ngen des

Erdklimas

auslösen

in

Zeiträume

n wie

80.000

Jahren.

Falls

irgendjem

and

denken

könnte,

dass es

lediglich

obskure

ausländische

Journale

sind, die

über

Lorenz'

**Arbeit
schreiben
, so hat
der viel
veröffent
lichte**

Klimaskeptiker (?)

James

Hansen

dazu

Folgendes

zu sagen

{-

Redaktion

elle

Anmerkung

: Das

**Fragezei
chen wurde
von uns
hinzugefü
gt, denn
wir**

kennen J.

Hansen

nur als

AGW-

Aktiviste

n, seine

Eigenschaft
als
"Klimaske
ptiker"
ist uns
neu — } :

***Die
Variation
der
globalen
mittleren
jährliche***

n

Lufttempe

ratur

während

des 100-

jährigen

Kontroll

aufes

zeigt die

weiter

unten

stehende

Abbildung

. Die

globale

mittlere

Temperatu

r am Ende

des

Laufes

ist sehr

ähnlich

derjenige

n zu

***Beginn,
aber es
gibt eine
substanti-
elle
Variabili***

***tät ohne
äußeren
Antrieb
in allen
Zeiträume
n, die***

***untersuch
t werden
können,
das heißt
bis zu
Zeiträume***

***n von
Jahrzehnt
en. Man
beachte,
dass eine
Änderung***

***(ohne
äußeren
Antrieb)
der
globalen
Temperatu***

r von

etwa

0,4°C

(0,3°C,

wenn die

Kurve mit

***einen 5-
jährigen
gleitende
n Mittel
geglättet
wird) in***

***einem 20-
Jahres-
Zeitraum
aufgetret
en ist
(Jahre 50***

bis 70) .

Die

Standarda

bweichung

über das

100 -

jährige

Mittel

beträgt

0,11 °C.

Diese

Variabilt

***tät (ohne
äußeren
Antrieb)
der
globalen
Temperatu***

r im

Modell

ist nur

wenig

kleiner

als die

***beobachte
te***

***Variabilität
der***

globalen

Temperatu

***r während
des
vorigen
Jahrhunde
rts wie
in***

Abschnitt

5

diskutier

t. Die

Schlussfo

lgerung,

***dass eine
(ohne
äußeren
Antrieb
und
unvorhers***

agbare)

Klimavari

abilität

für einen

Großteil

der

Klimaände

rung

ursächlich

h sein

kann, ist

von

***vielen
Forschern
betont
worden ;
zum
Beispiel***

Lorenz

(1968),

Hasselmann

n (1976)

und

Robock

(1978) .

**Und hier
nun der
Kontrollen
auf aus**

der

Studie

von J.

Hansen :

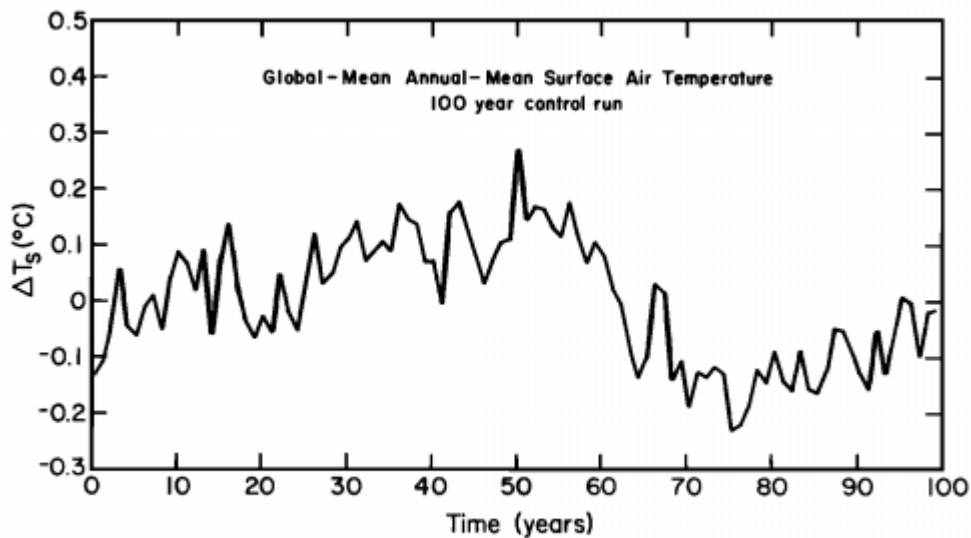


Fig. 1. Global-mean annual-mean surface air temperature trend in the 100-year control run.

Abbildung
(J.
Hansen) :

***Trend der
globalen
jährliche
n
Mitteltem
peratur***

**während
des 100-
jährigen
Kontrolla
ufes.**

{-

Redaktion

elle

Anmerkung

:

Inzwischen

n weiß

man, dass

solche

Fluktuati

onen, wie

in der

Abbildung

von J.

Hansen

gezeigt,

durch

"Persiste

**nz" oder
Autokorre
lation
jeder
realen
Temperatu**

rreihe

aufreten

. Die

hier

geltende

Theorie

**(Hurst-
Exponent)
ist rein
empirisch
, also
modellfrei**

i,

physikalische

Ursachen

der

Persistenz

z von

Temperatu

rreihen

sind

nicht

bekannt

(hier)

→}

In

späteren

Artikeln

werden

wir

einige

Theorien

der Milan

kovitch -

Zyklen

beleuchten

n.

Verwirren

derweise

laufen

viele

unterschi

edliche

Theorien,

die

zumeist

**auch noch
jeweils
inkonsistent
miteinander
sind,**

alle

unter der

gleichen

Bezeichnung

ng

"Milankov

itch" .