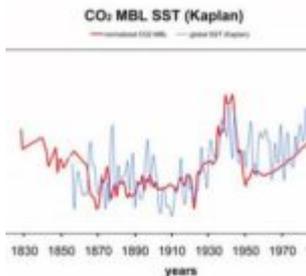


Probleme mit statistischen Tests der Daten der atmosphärischen CO₂-Konzentration in den Jahren vor 1958



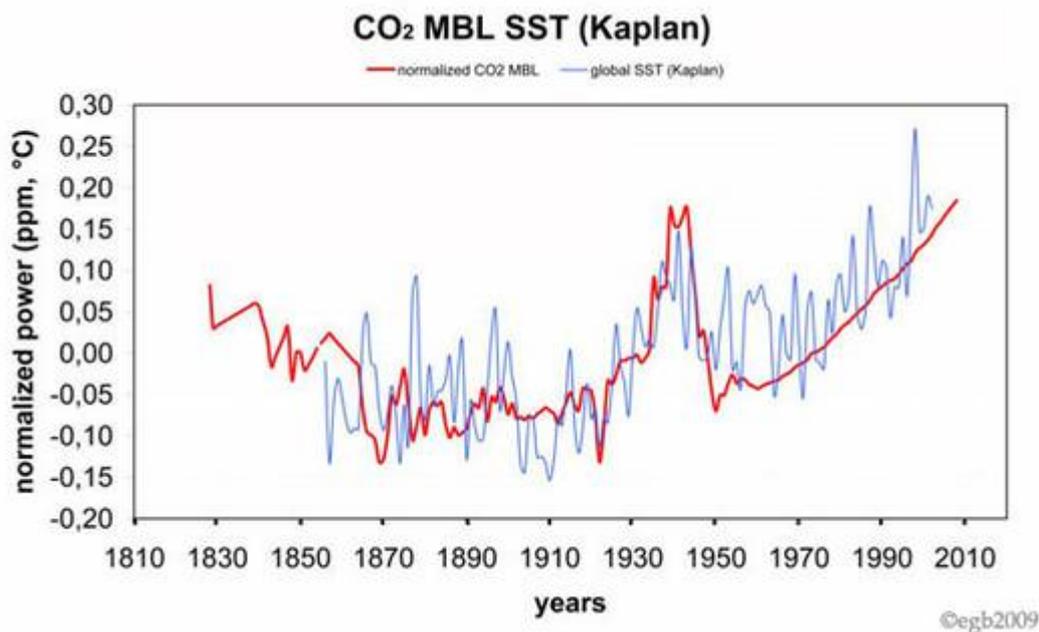
Mit ein paar bemerkenswerten Ausnahmen sind die Schlussfolgerungen in nahezu allen Studien ähnlich derjenigen von Liu und Rodriguez (2005) aus ihrem Abstract:

Mit der Anwendung ökonometrischer Verfahren zur Auswahl von $I(1)$ und $I(2)$ -Trends fanden wir das Vorhandensein von statischen, langfristigen Steady-State- und dynamischen langfristigen Steady-State-Beziehungen zwischen Temperatur und Strahlungsantrieb durch die Sonneneinstrahlung sowie einen Satz von drei Treibhausgas-Reihen.

Vielen WUWT-Lesern werden die von mir angesprochenen Probleme der CO₂-Daten vor 1958 kennen. Ziel dieses Essays ist es zu erklären, wie die Datenprobleme vieles der statistischen Forschung hinfällig machen, die hinsichtlich einer Beziehung zwischen atmosphärischen CO₂-Konzentrationen und der globalen mittleren Temperatur durchgeführt worden sind. Ich vermute, dass viele der in diese Forschungen involvierten Ökonomen nicht in vollem Umfang die Natur der Daten ermessen können, mit denen sie umgegangen sind.

Die üblichen Quellen atmosphärischer CO₂-Daten seit 1958 sind Messungen des Scripps Institute of Oceanography und der NOAA am Mauna Loa, der Antarktis und anderswo. Diese Daten wurden auf monatlicher Basis erstellt, manchmal häufiger, und stellen so ein gutes Niveau zeitlicher Genauigkeit her zum Vergleich der jährlichen mittleren CO₂-Konzentrationen mit den globalen mittleren Temperaturen.

Unglücklicherweise gab es vor 1958 nur sporadisch direkte Messungen der atmosphärischen CO₂-Konzentrationen. Ernst-Georg Beck sammelte viele der Daten vor 1958 und hat sie auf seiner [Website](#) veröffentlicht.



Die meisten Forscher, die die Beziehungen zwischen Treibhausgasen und Temperatur vor 1958 untersucht haben, griffen auf antarktische Eisbohrkerne zurück, die Etheridge et al. (1966) zur Verfügung gestellt hatten. Etheridge maß die CO₂-Konzentration der im Bohrkern eingeschlossenen Luftbläschen, und zwar in drei Bohrkernen am Law Dome, die bis zu einer Tiefe von 200 bis 2000 Metern reichten.

Es gab viele veröffentlichte Studien durch verschiedene Forscher, die die CO₂-Konzentrationen vor 1958 von Etheridge verwendet haben. Unter jüngeren statistischen Studien auf der Basis der Etheridge-Daten finden sich Liu & Rodriguez (2005), Kaufmann, Kauppi & Stock (2006a), Kaufman, Kauppi, & Stock (2006b), Kaufmann, Kauppi, & Stock (2010), Beenstock, Reingewertz, & Paldor (2012), Kaufmann, Kauppi, Mann, & Stock (2013) und Pretis & Hendry (2013). In jeder einzelnen dieser Studien werden die Etheridge-Daten vor 1958 so behandelt, als seien sie jährliche Angaben zu der atmosphärischen CO₂-Konzentration.

Eine Untersuchung von Etheridges Studie enthüllt, dass die Daten nur 26 Messungen von Luftbläschen umfassen, genommen zu verschiedenen Zeiten in der relevanten Periode von 1850 bis 1957. Außerdem stellt Etheridge in seiner Studie eindeutig fest, dass die Luftbläschen aus den Eisbohrkernen ein Altersbereich haben, der mindesten 10 bis 15 Jahre umfasst. Man hat den zeitlichen Rahmen weiter vergrößert durch das Einpassen eines „Glättungsprofils“ mit einem Zeitfenster von 20 Jahren. So geschehen mit Daten aus zwei der Bohrkern, um jährliche Schätzungen des atmosphärischen CO₂ zu erhalten. Diese Jahresschätzungen, die die Grundlage bilden für die Daten von 1850 bis 1957 auf der GISS-Website, können brauchbar gewesen sein für jede Absicht, die Etheridge verfolgt hat, sind aber total ungeeignet für Tests statistischer Zeitreihen, die in den o. g. Studien durchgeführt worden waren. Die Ergebnisse der Tests mit den Daten vor 1958 sind fast mit Sicherheit falsch.

Details der Daten aus den Eisbohrkernen nach Etheridge et al. (1996)

Etheridge hat an der Stelle Law Dome in der Ostantarktis zwischen 1987 und 1993 drei Bohrkerne gezogen. Die Kerne wurden gekennzeichnet als DE08 (bis zu einer Tiefe von 234 Metern), DE08-2 (243 Meter) und DSS (1200 Meter). Dann nahmen sie sich die in den Bohrkernen in verschiedenen Tiefen eingeschlossenen Luftbläschen vor, um zu bestimmen, wie viel CO₂ sich in der Atmosphäre befand zu verschiedenen Zeitpunkten in der Vergangenheit. Sie bestimmten das Alter des Eises und dann dasjenige der im Eis eingeschlossenen Luftbläschen. Etheridge schreibt:

Die vom Eis eingeschlossene Luft weist eine Alters-Spannbreite auf infolge diffuser Durchmischung und nur allmählichem Einschluss des Bläschens ... Die Mehrheit der Luftbläschen findet

sich bei größerer Dichte und Tiefe. Schwander und Stauffer (1984) stellten fest, dass etwa 80% aller Blaseneinschlüsse bei Firndichten zwischen 795 und 830 kg/m³ erfolgten. Messungen der Durchlässigkeit im DE08-2 zeigen eine Bandbreite von 790 und 825 kg/m³, was mit einer Dauer von 8 Jahren korrespondiert in den Bohrkernen DE08 und DE08-2 und etwa 21 Jahre bei DSS. Falls sich nach dem Einschluss keine Luft mehr in die Tiefe mischt, ergibt sich die Altersbandbreite hauptsächlich aus der Diffusion, geschätzt aus Diffusionsmodellen etwa 10 bis 15 Jahre. Falls sich eine kleine Menge Luft nach dem Einschluss in die Tiefe mischt, würde die Dauer des Einschluss der Blase eine größere Rolle spielen bei der Ausweitung der Altersbandbreite. Man kann unten sehen, dass allein durch Diffusion eine größere Altersbandbreite als erwartet erforderlich ist, um die

beobachteten CO₂-Differenzen zwischen den Bohrkernen zu erklären.

Mit anderen Worten, Etheridge ist sich nicht sicher hinsichtlich der genauen Datierung der Luftbläschen in den Bohrkernen. Der graduelle Einschluss der Luftbläschen hat eine Altersbandbreite von 8 Jahren verursacht bei den Bohrkernen DE08 und DE08-2, und Diffusion sorgte für eine Altersbandbreite zwischen 10 und 15 Jahren. Die Ergebnisse von Etheridge aus den Bohrkernen DE08 und DE08-2 folgen hier (aus ihrer Tabelle 4):

Etheridge Tabelle 4: Bohrkern DE08

<u>Mean Air Age, Year AD</u>	<u>CO₂ Mixing Ratio, ppm</u>		<u>Mean Air Age, Year AD</u>	<u>CO₂ Mixing Ratio, ppm</u>
1840	283		1932	307.8
1850	285.2		1938	310.5
1854	284.9		1939	311
1861	286.6		1944	309.7
1869	287.4		1953	311.9
1877	288.8		1953	311
1882	291.9		1953	312.7
1886	293.7		1962	318.7
1892	294.6		1962	317
1898	294.7		1962	319.4
1905	296.9		1962	317
1905	298.5		1963	318.2
1912	300.7		1965	319.5
1915	301.3		1965	318.8
1924	304.8		1968	323.7
1924	304.1		1969	323.2

Bohrkern DE08-2

<u>Mean Air Age, Year AD</u>	<u>CO₂ Mixing Ratio, ppm</u>		<u>Mean Air Age, Year AD</u>	<u>CO₂ Mixing Ratio, ppm</u>
1832	284.5		1971	324.1
1934	309.2		1973	328.1
1940	310.5		1975	331.2
1948	309.9		1978	335.2
1970	325.2		1978	332
1970	324.7			

Wegen der Problematik von diffuser Durchmischung und graduellem Einschluss der Luftbläschen zeigen alle diese Zahlen lediglich eine Schätzung der mittleren CO₂-Konzentration über einen Zeitraum, der 15 Jahre oder länger sein kann. Falls die Verteilung des Alters der Luft

symmetrisch um dieses mittlere Alter verteilt ist, kann der Schätzwert von 310,5 ppm aus dem Bohrkern DE08 für den Zeitpunkt 1938 auch Luft enthalten aus den Jahren 1930 bzw. 1946.

Etheridge kombinierte die Schätzungen aus den Bohrkernen DE08 und DE08-2 und passte eine 20-jährige Glättungskurve an die Daten an, um jährliche Schätzungen der CO₂-Konzentrationen zu erhalten. Diese können [hier](#) betrachtet werden. Diese jährlichen Schätzungen, die tatsächlich gleitende Mittelwerte über 20 Jahre oder mehr sind, wurden von Dr. Makiko Sato verwendet, der damals für NASA-GISS gearbeitet hatte, um eine jährliche Zeitreihe der CO₂-Konzentrationen zusammenzustellen für den Zeitraum von 1850 bis 1957. Dr. Sato nutzte direkte Messungen des CO₂ vom Mauna Loa und anderswo für den Zeitraum von 1958 bis heute. Er bezieht sich auf die Eisbohrkern-Daten von Etheridge auf jener Website und

fügt hinzu, dass sie „für ein globales Mittel adjustiert worden sind“. Einige der Studien, die sich auf die Daten der Website von GISS beziehen, findet man [hier](#).

Ich habe Dr. Sato (der jetzt an der Columbia University tätig ist) eine E-Mail geschrieben und ihn gefragt, ob er die Zahlen aus der 20-jährigen Glättungskurve von Etheridge genommen hatte und was genau er gemacht hat, um die Werte für ein globales Mittel zu adjustieren. Er antwortete, dass er sich nicht daran erinnern könne, was er gemacht hatte, aber jetzt präsentiert er die gleichen Daten vor dem Jahr 1958 auf der Website der Columbia University [hier](#).

Ich glaube, dass Dr. Satos Daten aus den Zahlen von der 20-jährigen Glättungskurve von Etheridge abgeleitet sind. Für jedes Jahr von 1850 bis 1957 liegen sie weniger als 1 ppm auseinander. Wegen der großen

zeitlichen Ungenauigkeit der CO₂-Schätzungen in den vom Eis eingeschlossenen Luftbläschen, die durch die Verwendung der 20-jährigen Glättungskurve noch verschlimmert wurde, haben wir nur grobe gleitende Mittelwert-Schätzungen der CO₂-Konzentration in der Luft für jedes Jahr und eben keine präzisen jährlichen Schätzungen. Der Schätzwert von 311,3 ppm für das Jahr 1950, der auf den Websites von GISS und Columbia angegeben wird, kann beispielsweise Luft aus dem Jahr 1922 bzw. aus dem Jahr 1978 enthalten. Das Anpassen der Glättungskurve kann für die Ziele von Etheridge absolut akzeptabel sein, aber wie wir sehen werden, ist es vollständig inakzeptabel für die Verwendung in den zuvor erwähnten Tests statistischer Zeitreihen.

**Empirische Studien,
die die
Etheridge'schen
Eiskerndaten vor
1958 verwenden**

**Wie in der
Einführung erklärt,
gibt es eine Anzahl
statistischer
Studien, die
versuchen, eine
Relation zwischen**

Treibhausgasen und globaler mittlerer Temperatur herzustellen. Unter diesen Forschern befanden sich Klimatologen, Ökonomen und oftmals eine Mischung der beiden Gruppen.

Liu and Rodriguez

**(2005), Beenstock
et al (2012) und
Pretis & Hendry
(2013) verwenden
die jährlichen
Daten aus der
Etheridge'schen
Glättungskurve für
den Zeitraum von
1850 bis 1957 von
der GISS-Website,
wie sie von Sato**

**für das globale
Mittel adjustiert
worden sind.**

**Kaufmann, Kauppi, &
Stock (2006a),
(2006b), and (2010)
und Kaufmann,
Kauppi, Mann, &
Stock (2013)
verwenden ebenfalls
die Etheridge-Daten
vor 1958 und ihre**

**eigene
Interpolationsmethode. Ihre
Datenquelle für CO2
wird beschrieben im
Anhang zu Stern &
Kaufmann (2000):**

***Vor 1958
verwendeten wir
Daten der
Eisbohrkerne DE08
und DE08-2 aus Law***

Dome (Etheridge et al. 1996). Wir interpolierten die fehlenden Jahre mittels eines natürlichen kubischen Profils und Daten vom Mauna Loa aus zwei Jahren (Keeling und Whorf 1994), um einen Endpunkt zu nennen.

Die Forschungen von Liu und Rodriguez (2005), Beenstock et al (2012), Pretis & Hendry (2013) sowie die vier Studien von Kaufmann et al. verwenden ein Paar allgemeiner statistischer Methoden, die von

**Ökonomen entwickelt
worden waren. Ihr
erster Schritt war
das Austesten von
Treibhausgas-
Zeitreihen
einschließlich CO₂
für Stationarität.
Man nennt dies auch
das Testen einer
unit root [?], und
es gibt eine Reihe**

von Tests zu diesem Zweck. Laut Kaufmann et al (2006a) lautet der mathematische Ausdruck für eine Zeitreihe mit einer **Einheitswurzel** (Unit Root):

$$Y_t = \lambda Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (1)$$

Dabei ist ε der

**Term des Zufalls-
Fehlers [random
error term], der
Schocks oder
Innovationen auf
die Variable Y
repräsentiert. Der
Parameter λ ist
gleich eins, falls
die Zeitreihe eine
Einheitswurzel
aufweist. In solch**

einem Falle wird jeder Schock auf Y dauerhaft bleiben, und Y wird eine nicht stationäre Verteilung aufweisen. Falls λ kleiner als eins ist, werden die ε -Schocks eventuell verschwinden, und Y wird eine

**stationäre
Verteilung
aufweisen, die auf
ein gegebenes
Mittel
zurückgreift, auf
Varianz und
anderes. Der von
Kaufmann et al.
(2006a)
durchgeführte
statistische Test**

**ist ein erweiterter
Dickey-Fuller-Test
(ADF), der von
Dickey und Fuller
(1979) entwickelt
worden ist und mit
dem sie die
folgende Regression
jährlicher
Zeitreihen-Daten
von CO₂ und
Temperatur haben**

Laufen lassen:

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta t + \gamma Y_{t-1} + \sum_{i=1}^s \delta_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (2)$$

Hierbei ist Δ der erste Unterschieds-Operator, t ist ein linearer Zeittrend, ε ist ein Zufalls-Fehler-Term und $\gamma = \lambda - 1$. Der ADF-Test gilt für die Null-Hypothese, dass $\gamma =$

θ und daher $\lambda = 1$ ist, und Y ist eine nicht stationäre Variable mit einer Unit Root, ebenfalls als $I(1)$ bezeichnet.

Es gibt noch viele andere Tests für Einheitswurzeln, die von vielen Forschern verwendet

**werden, darunter
Phillips & Perron
(1988),
Kwiatkowski,
Phillips, Schmidt,
& Shin (1992) und
Elliott,
Rothenberg, & Stock
(1996). Sie alle
haben eines
gemeinsam: eine Art
der Regression**

**einer Zeitreihen-
Variablen auf
verzögerte Werte
derselben wie in
Gleichung 2.**

**Eine Regression
nach Art von
Gleichung 2 kann
ordentlich nur mit
sich nicht
überlappenden Daten
durchgeführt**

**werden. Wie zuvor
erklärt, können die
Eiskerndaten von
Etheridge vor 1958
Luft von 20 Jahren
vor bzw. nach dem
gegebenen Zeitpunkt
enthalten. Das
Problem wird noch
gravierender durch
die Tatsache, dass
sich Etheridge**

nicht sicher ist
hinsichtlich der
Stärke der
Diffusion. Auch
kennen wir nicht
die Verteilung, wie
viel Luft aus jedem
Jahr sich in jedem
Bläschen befindet.
Folglich legen
diese Forscher eine
Regression nicht

**durch die
jährlichen CO₂-
Konzentrationen aus
der Vergangenheit
(wie 1935 auf 1934,
1934 auf 1933
usw.), sondern
durch einige
Mittelwerte von
1914 bis 1954 auf
1913 auf 1953 und
so weiter. Dies**

**kann nur zu
falschen
Ergebnissen führen,
weil der Test
zumeist darin
besteht, eine
Regression der CO2-
Daten für einen
Zeitraum auf sich
selbst
durchzuführen.**

Die zweite von den

**Forschern
verwendete
statistische
Methode ist es,
eine *Integration*
der Treibhausgase
(konvertiert zu
Strahlungsantrieb)
und den
Temperaturdaten zu
testen. Damit soll
bestimmt werden, ob**

es eine Gleichgewichts-Beziehung zwischen Treibhausgasen und Temperatur gibt. Das Konzept der Integration wurde zuerst von Engle & Granger (1987) durchgeführt, um dem Problem der Erkennung einer

**Relation zwischen
nicht stationären
Variablen zu
begegnen. Das
traditionelle
Verfahren kleinster
Quadrate der
Regression von
nicht stationären
Zeitreihen-
Variablen führt oft
zu falschen**

**Ergebnissen.
Integrationstests
wurden erstmals mit
makroökonomischen
Zeitreihen-Daten
durchgeführt wie
das
Bruttoinlandsproduk
t, Geldmengen und
Zinsraten.**

**In den meisten
Studien werden die**

**Strahlungsantriebe
der verschiedenen
Treibhausgase
addiert und
kombiniert mit
Schätzungen der
solaren
Einstrahlung.
Aerosole und
Schwefel werden in
einigen Studien
auch**

**berücksichtigt.
Dann wird ein Test
dieser Messungen
durchgeführt, um zu
bestimmen, ob sie
mit jährlichen
Temperaturdaten
passend sind (wobei
üblicherweise die
jährlichen
Mittelwerte der
GISS-Zeitreihen**

**Verwendung finden).
Der Integrations-
Test involviert das
Auffinden eines
linearen Vektors
auf eine Weise,
dass eine
Kombination der
nicht stationären
Variablen mit
diesem Vektor
selbst stationär**

ist.

Ein

Integrationstest

kann nur gültig

sein, falls die

Datenserie ein

hohes Maß

zeitlicher

Genauigkeit

aufweist und auf

geeignete Weise

aufbereitet wird.

**Die Temperaturdaten
weisen
wahrscheinlich eine
gute zeitliche
Genauigkeit auf,
aber die
Etheridge'schen
CO₂-Daten vor 1958,
aus denen die Daten
des
Strahlungsantriebs
abgeleitet sind,**

**sind gleitende
Mittel über 20
Jahre oder mehr mit
unbekannter Länge
und Verteilung. Sie
können nicht
angemessen getestet
werden auf eine
Integration mit
jährlichen
Temperaturdaten,
ohne falsche**

**Ergebnisse zu
liefern. Beispiel:
Anstatt die CO2-
Konzentration von
1935 mit der
Temperatur von 1935
zu vergleichen,
würde der
Integrationstest
einen Mittelwert
der CO2-
Konzentration über**

**den Zeitraum 1915
bis 1955 mit der
Temperatur von 1935
vergleichen.**

**Zur Verteidigung
von Beenstock et
al. (2012) muss
gesagt werden, dass
es das primäre Ziel
ihrer Studie war zu
zeigen, dass die
CO₂-Daten, die sie**

**und die anderen
Forscher als I(2)
(zwei Unit Roots)
ermittelten, nicht
mit den I(1)-
Temperaturdaten
verglichen werden
können, solange sie
nicht polynomisch
integriert werden.
Sie behaupten
nicht, eine**

**Beziehung zu finden
zwischen den CO2-
Daten vor 1958 und
den
Temperaturreihen.**

**Schlussfolgerung
von Kaufmann,
Kauppi, & Stock
(2006a) aus ihrem
Abstract:**

Regressionsergebnis

***se bieten direkte
Beweise für eine
statistisch
bedeutsame Relation
zwischen
Strahlungsantrieb
und globaler
Temperatur. Ein
einfaches, auf
diesen Ergebnissen
basierendes Modell
zeigt, dass***

Treibhausgase und anthropogene Schwefelemissionen zum größten Teil verantwortlich sind für die Temperaturänderung der letzten 130 Jahre.

Die anderen in diesem Essay erwähnten Studien,

außer Beenstock et al. (2012), kommen zu ähnlichen Ergebnissen. Wegen des geringen Niveaus der zeitlichen Genauigkeit der CO2-Daten vor 1958 können ihre Ergebnisse für diese Zeit nicht

**gültig sein. Der
einzige angemessene
Weg, mit diesen
Daten zu arbeiten
wäre es, eine obere
Grenze der Zeit-
Bandbreite
festzulegen, die
durch die Länge des
Blaseneinschlusses
und der Diffusion
von Gasen durch das**

**Eis bestimmt werden
könnten. Beispiel:
falls eine obere
Grenze von 20
Jahren eingeführt
werden könnte, dann
könnten die
Forscher eine
mittlere CO₂-
Konzentration für
sich nicht
überlappende**

Zeiträume von 20 Jahren berechnen und dann die Unit Root- und Integrations-Tests durchführen. Unglücklicherweise würde der Zeitraum 1850 bis 1957 nur fünf vollständige 20-Jahres-Perioden umfassen. Eine so

**kleine Datenmenge
ist nutzlos. Bis
man eine Quelle
findet, die CO2-
Daten vor 1958 mit
besserer zeitlicher
Genauigkeit
ermittelt, macht es
keinen Sinn,
Integrations-Tests
mit Temperaturdaten
für jenen Zeitraum**

durchzuführen.

**(Hervorhebungen von
der Redaktion)**

Reference

S

Beenstock

, M., Y.

Reingewer

tz, and

N. Pałdor

(2012).

Polynomia

1

cointegration

tests of

anthropog

enic

**impact on
global
warming .**

Earth

Syst.

Dynam. ,

**3,
173–188.**

**Dickey,
D. A. and
Fuller,**

W. A. :
1979,
'Distribution of
the
estimator

**s for
autoregre
ssive
time
series
with a**

unit

root', J.

Am. Stat.

Assoc.

74,

427-431.

ELLIOTT,

G.,

ROTHENBER

G, T. J.,

and

STOCK, J.

H. :

Efficient

tests for

an

autoregre

ssive

unit

root,

Econometr

ica, 64,

813–836,

1996.

Engle, R.

F. and

Granger,

C. W. J. :

Co-

integrati

**on and
error
correctio
n:
represent
ation,**

**estimation
and
testing,
Econometrica,
55,
251–276,**

1987 .

Etheridge

, D. M. ,

Steele ,

L. P. ,

Langenfelds, L.

P., and

Francey,

R. J. :

1996,

**'Natural
and
anthropog
enic
changes
in**

**atmospher
ic CO2
over the
last 1000
years
from air**

**in
Antarctic
ice and
firn', *J.*
Geophys.
Res. 101,**

4115-4128

■

Kaufmann ,

R. K. ,

Kauppi ,

H. , Mann ,

M. L. ,

and

Stock, J.

H. : Does

temperatu

re

contain a

stochastic

c trend:

linking

statistic

**al
results
to
physical
mechanism
s,**

***Climatic
Change ,
118 ,
729–743 ,
2013 .***

Kaufmann ,

R. ,

Kauppi ,

H. , and

Stock , J .

H. :

Emissions

,

concentra

tions and

temperatu

re: a

**time
series
analysis,
*Climatic
Change,*
77,**

248–278 ,

2006a .

Kaufmann ,

R. ,

Kauppi ,

**H. , and
Stock J .**

**H. : The
relations
hip
between**

**radiative
forcing
and
temperature:
what
do**

**statistic
al
analyses
of the
instrumen
tal**

**temperatu
re record
measure? ,
*Climatic
Change ,
77 ,***

279–289 ,

2006b .

Kaufmann ,

R. , H.

Kauppi ,

and J. H.

Stock,

(2010)

Does

temperatu

re

contain a

stochastic

ctrend?

Evaluating

g

**Conflicti
ng
Statistic
al
Results,
*Climatic***

Change,

101,

395 - 405.

Kwiatkows

ki, D.,

**Phillips,
P. C. B.,
Schmidt,
P., and
Shin, Y. :
Testing**

**the null
hypothesi
s of
stationar
ity
against**

**the
alternati
ve of a
unit
root, J.
Economet.**

**, 54,
159–178,
1992.**

**Liu, H.
and G.**

**Rodriguez
(2006),**

**Human
activities
and
global**

warming :

a

cointegra

tion

analysis .

Environme

ntal

Modelling

&

Software

20: 761 –

773.

Phillips,

P. C. B.

and

Perron,

P. :

Testing

**for a
unit root
in time
series
regressio
n,**

**Biometrik
a, 75,
335–346,
1988.**

Pretis,

**F. and D.
F. Hendry
(2013).
Comment
on
“Polynomi**

al
cointegra
tion
tests of
anthropog
enic

**impact on
global
warming”**

by

**Beenstock
et al.**

(2012) –

some

hazards

in

econometric

ic

**modellling
of
climate
change.
*Earth
Syst.***

Dynam . ,

4 ,

375–384 .

Stern , **D** .

I . , **and**

R. K.

Kaufmann,

Detecting

a global

warming

signal in

hemispher

ic

temperatu

re

series: A

structura

**l time
series
analysis,
Clim.
Change,
47, 411**

**-438 ,
2000 .**

**Übersetzt
von Chris
Frey**

**EIKE, der
einige
Fachbegriffe
hier
nicht
verstande**

n und

daher

möglicher

weise

falsch

übersetzt

hat .