

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

geschrieben von James Mccown | 3. September 2014

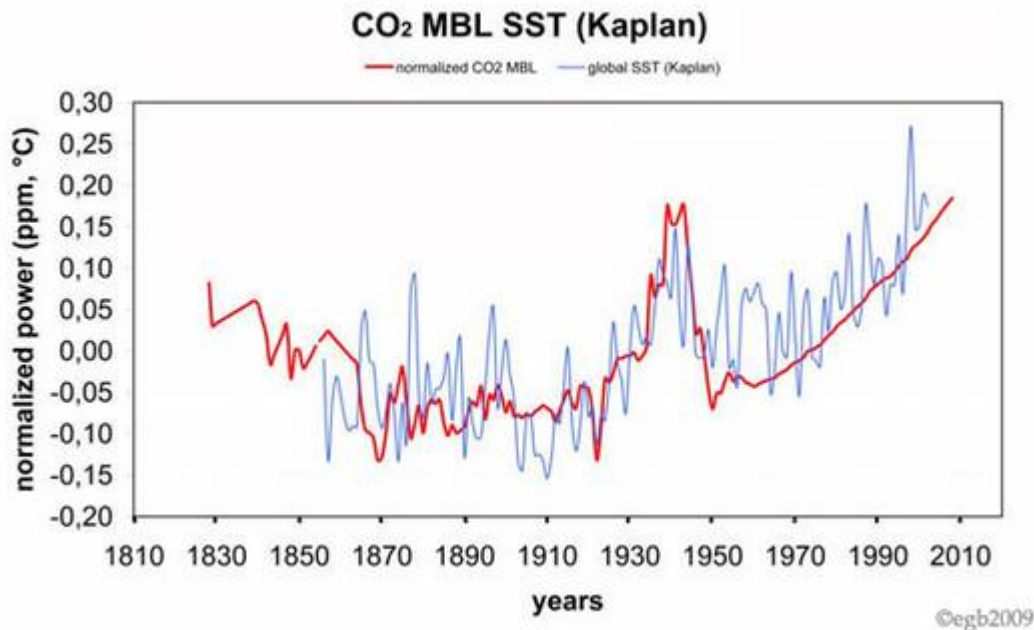
Mit ein paar bemerkenswerten Ausnahmen sind die Schlussfolgerungen in nahezu allen Studien ähnlich derjenigen von Liu und Rodriguez (2005) aus ihrem Abstract:

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 mindestens 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 graduellen 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
Interpolationsmeth
ode. 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 (Un
it 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:

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

(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 $\gamma = 0$ 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**

**Bruttoinlandsprodukt,
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:**

***Regressionsergebnisse 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
ł**

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
estimators
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
autoregressive
unit
root,**

Econometrica, 64, 813–836, 1996.

Engle, R. F. and

Granger,

C. W. J. :

Co-

integrati

on and

error

correctio

n:

represent

ation,

estimatio

n and

**testing,
Econometr
ica, 55,
251–276,
1987.
Etheridge**

, D. M. ,

Steele,

L. P. ,

Langenfel

ds, 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
stochasti
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
temperatu
re: 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
trend?**

Evaluating

g

Conflicting

ng

Statistical
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

activitie

**s and
global
warming :
a
cointegra
tion**

analysis .
Environmental
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

**“Polynomial
cointegration
tests of
anthropog**

enic

impact on

global

warming”

by

Beenstock

et al.

(2012) –

some

hazards

in

econometr

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**

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

-438,

2000.

Übersetzt

von Chris

Frey

EIKE, der

einige

Fachbegriffe

hier

nicht

verstanden

und

**daher
möglicher
weise
falsch
übersetzt
hat.**