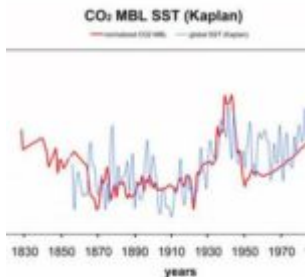


# Probleme mit statistischen Tests der Daten der atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Konzentration in den Jahren vor 1958



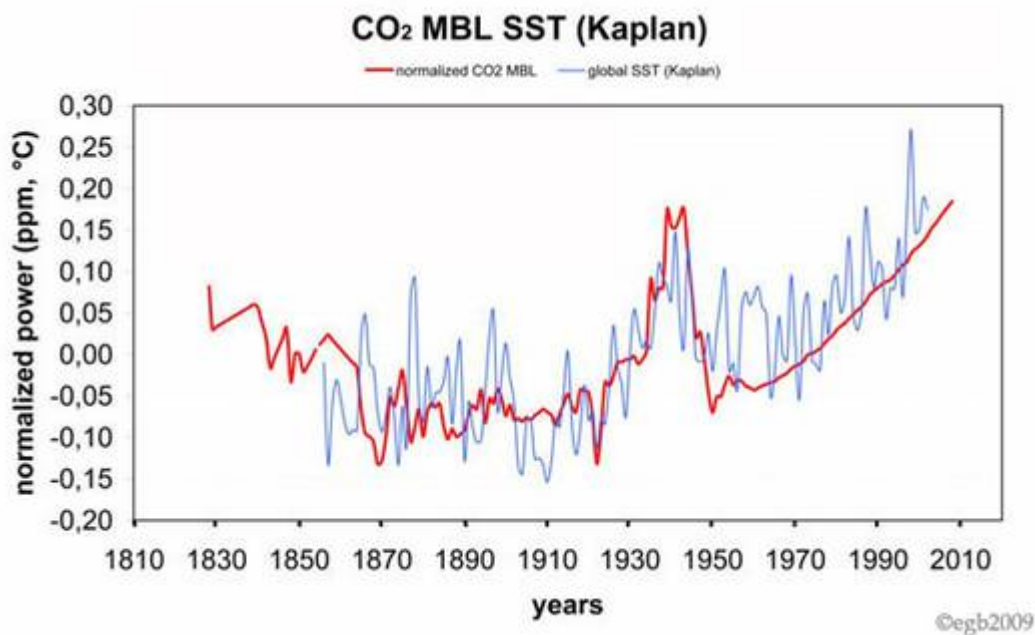
Mit ein paar bemerkenswerten Ausnahmen sind die Schlussfolgerungen in nahezu allen Studien ähnlich derjenigen von Liu und Rodriguez (2005) aus ihrem Abstract:

*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 CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-Konzentrationen mit den globalen mittleren Temperaturen.

Unglücklicherweise gab es vor 1958 nur sporadisch direkte Messungen der atmosphärischen CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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/m<sup>3</sup> erfolgten. Messungen der Durchlässigkeit im DE08-2 zeigen eine Bandbreite von 790 und 825 kg/m<sup>3</sup>, 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 CO<sub>2</sub>-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>CO<sub>2</sub> Mixing Ratio, ppm</u>		<u>Mean Air Age, Year AD</u>	<u>CO<sub>2</sub> 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>CO<sub>2</sub> Mixing Ratio, ppm</u>		<u>Mean Air Age, Year AD</u>	<u>CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-Konzentrationen zusammenzustellen für den Zeitraum von 1850 bis 1957. Dr. Sato nutzte direkte Messungen des CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-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  
Interpolationsmetho  
de. Ihre  
Datenquelle für CO<sub>2</sub>  
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 CO<sub>2</sub>  
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):

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

(1)

Dabei ist  $\varepsilon$  der

**Term des Zufalls-  
Fehlers [random  
error term], der  
Schocks oder  
Innovationen auf  
die Variable  $Y$   
repräsentiert. Der  
Parameter  $\lambda$  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  $\lambda$  kleiner als eins ist, werden die  $\varepsilon$ -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 CO<sub>2</sub> 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  $\Delta$  der erste Unterschieds-Operator,  $t$  ist ein linearer Zeittrend,  $\varepsilon$  ist ein Zufalls-Fehler-Term und  $\gamma = \lambda - 1$ . Der ADF-Test gilt für die Null-Hypothese, dass  $\gamma =$

**$\theta$  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 CO<sub>2</sub>-  
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  
CO<sub>2</sub>-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  
CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-  
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**

**stochasti**

**c trend?**

**Evaluatin**

**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 .**