

# Klimarelevante Messreihen zur Temperaturentwicklung ab 1850

Von Adolf FRITZ

## Zusammenfassung

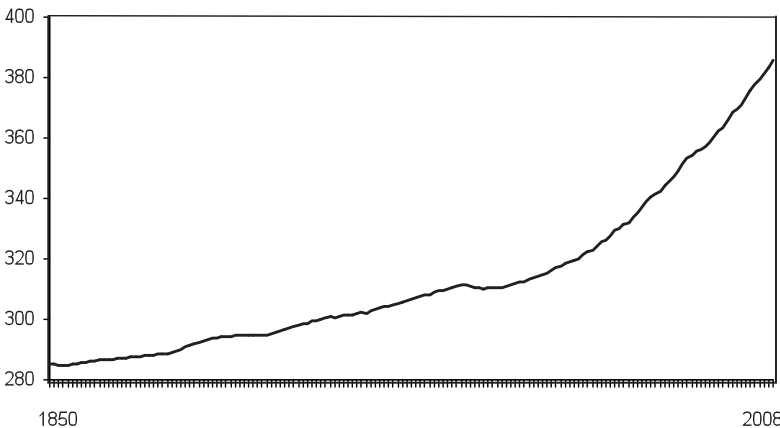
Die Schlussfolgerungen über die globale Temperaturentwicklung ab 1850 basieren wesentlich auf der Kurve atmosphärischen Kohlendioxids in Abb. 2 und dem El-Niño-Phänomen. Die CO<sub>2</sub>-Kurve zeigt die Schwankungen der jährlichen CO<sub>2</sub>-Differenzen weltweit gemittelter Jahresmittel. Von 1851 bis 1965 weist die Kurve nur geringe jährliche Differenzwerte sowie nur eine geringe Schwankungsbreite derselben auf. Ein durch die Industrialisierung vorgegebenes anthropogenes Signal ist für diesen Zeitabschnitt nicht erkennbar. Jene tiefgreifende Veränderung im atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Haushalt, welche mit der Klimaerwärmung (Global Warming) in Zusammenhang gebracht wird, hat erst 1965/66 stattgefunden. In diesen beiden Jahren ist die Jahresdifferenz von 0,58 ppm (1965) auf 1,36 ppm (1966) sprunghaft angestiegen. Parallel dazu ist ab den sechziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts ein verstärktes Aufkommen des El-Niño-Phänomens mit Super-El-Niño-Ereignissen in den Jahren 1987 und 1997 zu verzeichnen. Der Zusammenhang zwischen anthropogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen und der jährlichen Zunahme an atmosphärischem CO<sub>2</sub> wird für die Zeit ab 1992 erörtert.

## Abstract

From 1851 till 1965 one cannot recognize an anthropogenic influence in the distribution of CO<sub>2</sub>-concentrations depicted in figure 2. The "global change" starts in the sixties of the past century contemporary with an increase of marked El Niño events, which lead in every case to peaks of atmospheric CO<sub>2</sub>. The context between anthropogenic CO<sub>2</sub>-emissions and the variations of annual differences in CO<sub>2</sub> is discussed.

## Vorwort

Nach jahrzehntelanger pollenanalytischer Beschäftigung mit der Vegetations- und Klimageschichte des Würm- und Postglazials versucht der Autor anhand klimarelevanter Messreihen der Frage nachzugehen,



## Schlagworte

Klimaerwärmung, Klimaantriebe, CO<sub>2</sub>, El Niño, Sonnenflecken, Sonneneinstrahlung, CO<sub>2</sub>-Emissionen.

## Keywords

Global warming, climate forcing, CO<sub>2</sub>, El Niño, Sunspots, Total Solar Irradiance, CO<sub>2</sub>-emission.

**Abb. 1:**  
CO<sub>2</sub>-Kurve global gemittelter Jahresmittelwerte an atmosphärischem CO<sub>2</sub> von 1850 bis 2008. Die Kurve repräsentiert eindrucksvoll die starke Zunahme des atmosphärischen CO<sub>2</sub> ab der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts. Datenquelle: NASA, Goddard Institute for Space Studies ([www.giss.nasa.gov](http://www.giss.nasa.gov)).

inwieweit einzelne Klimaantriebe an der Temperaturentwicklung seit 1850 beteiligt sind. Im Besonderen gilt das Interesse dem Treibhausgas  $\text{CO}_2$ , welches für die markante Klimaerwärmung ab der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts verantwortlich gemacht wird.

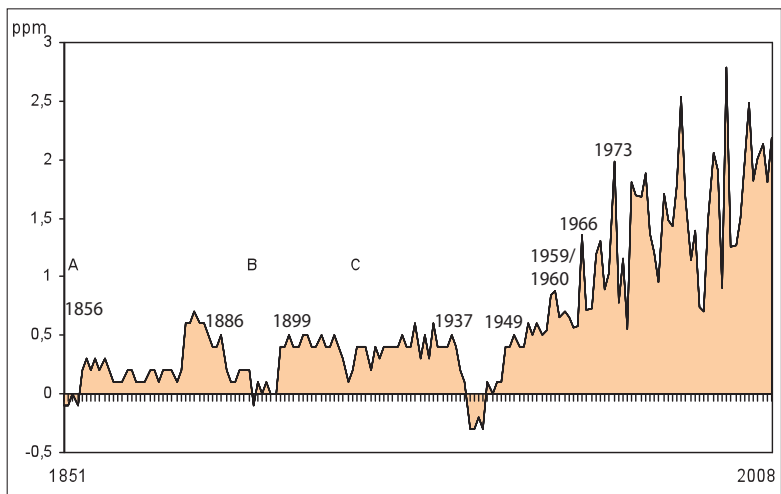
### Das Treibhausgas $\text{CO}_2$

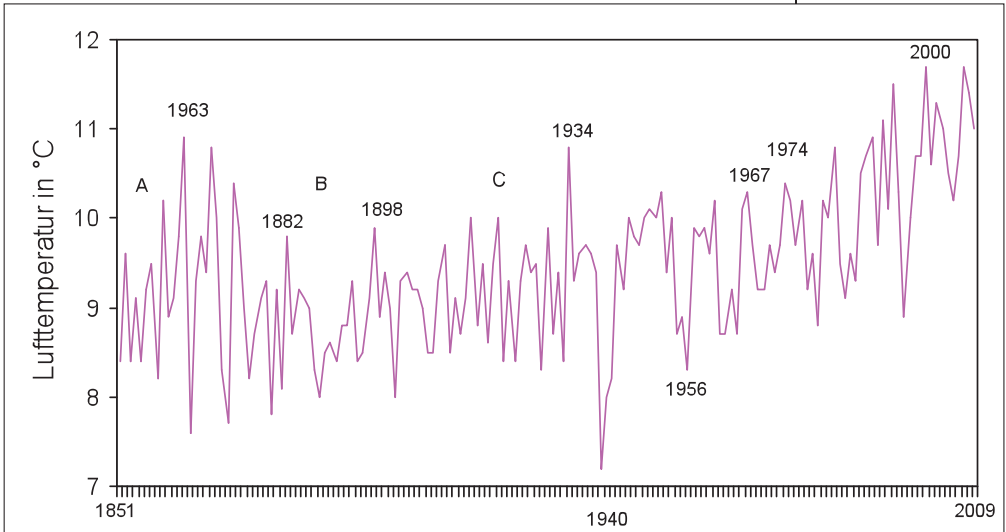
Die Konzentration an Kohlendioxid in der Atmosphäre wird üblicherweise durch die Anzahl der  $\text{CO}_2$ -Moleküle in einer Million Luftmoleküle angegeben (ppm = parts per million). Die Kurve in Abb. 1 zeigt die Zunahme der global gemittelten Jahresmittel an atmosphärischem  $\text{CO}_2$  von 1850 bis 2008. In diesem Zeitraum sind die Werte von 285,2 ppm auf 385,59 ppm angestiegen. Die  $\text{CO}_2$ -Kurve bietet in der Form wie sie in Abb. 1 vorliegt eine gute Orientierung über die anfänglich nur allmähliche, ab der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts aber überraschend starke Zunahme des atmosphärischen  $\text{CO}_2$ -Gehaltes. Die Kurve gibt aber keinen Aufschluss über die Ursache, die zur Zunahme des atmosphärischen  $\text{CO}_2$ -Gehaltes führte. Um diesen Problem näher zu kommen legt der Autor in Abb. 2 eine ergänzende Kurvendarstellung des atmosphärischen  $\text{CO}_2$ -Gehaltes vor.

### $\text{CO}_2$ -Differenzen globaler Jahresmittelwerte

Die Kohlendioxidkurve in Abb. 2 bringt die Differenzen der jährlichen global gemittelten Jahresmittel an atmosphärischem  $\text{CO}_2$  für den Zeitraum von 1851 bis 2008 zum Ausdruck. Von 1851 bis 1965 sind die auftretenden Jahresdifferenzen sowie deren Schwankungen gering. Ein durch die Industrialisierung bedingtes anthropogenes Signal ist für diese Zeit nicht erkennbar. Hingegen präsentiert die  $\text{CO}_2$ -Kurve eindrucksvoll die natürliche Klimageschichte Mitteleuropas (RUDLOFF 1980: 129–133). Sie markiert die Zeit des Gletscherhochstandes der Pasterze (A), die anschließende Häufung merklich wärmerer Jahreszeiten bis 1886, die ausgeprägte Kältephase des ausgehenden 19. Jahrhunderts (B), die sich nun einpendelnde „stabile Klimaperiode“ bis 1939 (C) und schließlich

**Abb. 2:**  
 **$\text{CO}_2$ -Kurve global gemittelter Jahresdifferenzen von 1851 bis 2008. Im Sinne dieser Kurve wäre der Beginn der Klimaerwärmung mit den sechziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts anzusetzen. A = Gletscherhochstand der Pasterze, B = Kaltphase des ausgehenden 19. Jahrhunderts, C = Stabile Klimaperiode. Datenquelle: wie Abb. 1.**





die Zeit der starken Erwärmung in der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts. Die Grenze von 300 ppm CO<sub>2</sub>, welche nach Eisbohrkern-Rekonstruktionen aus der Antarktis (SCHÖNWIESE 2003: 297) etwa seit 330.000 Jahren nie mehr überschritten worden sein soll, wird bereits im Jahre 1910 erreicht. Das ist zu einer Zeit, in welcher die natürlichen Klimabedingungen offensichtlich noch dominieren.

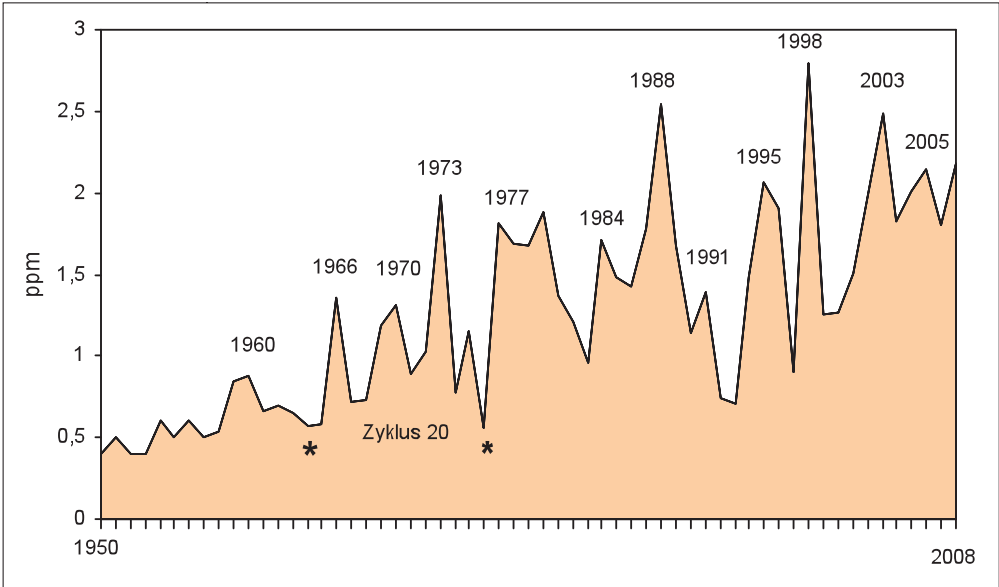
### Die Temperaturentwicklung ab 1850

Die homogenisierte Temperaturkurve in Abb. 3 zeigt den Temperaturverlauf im Raume Wien, Messstation Hohe Warte. Die Kurve ist in wesentlichen Details, wie der Vergleich mit anderen Messstationen erkennen lässt, repräsentativ für den gesamten mitteleuropäischen Raum. Sie weist zudem bemerkenswerte Parallelitäten zur globalen CO<sub>2</sub>-Kurve in Abb. 2 auf und lässt naturgemäß den markanten Temperaturanstieg in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts deutlich in Erscheinung treten. Abweichend von der CO<sub>2</sub>-Kurve in Abb. 2 weist die Temperaturkurve markante Schwankungen von 1859 bis 1872 auf und zwar mit Temperaturspitzen wie sie auch in den 70er- bis 90er-Jahren des vergangenen Jahrhunderts auftraten.

### Die Klimaerwärmung des 20. Jahrhunderts

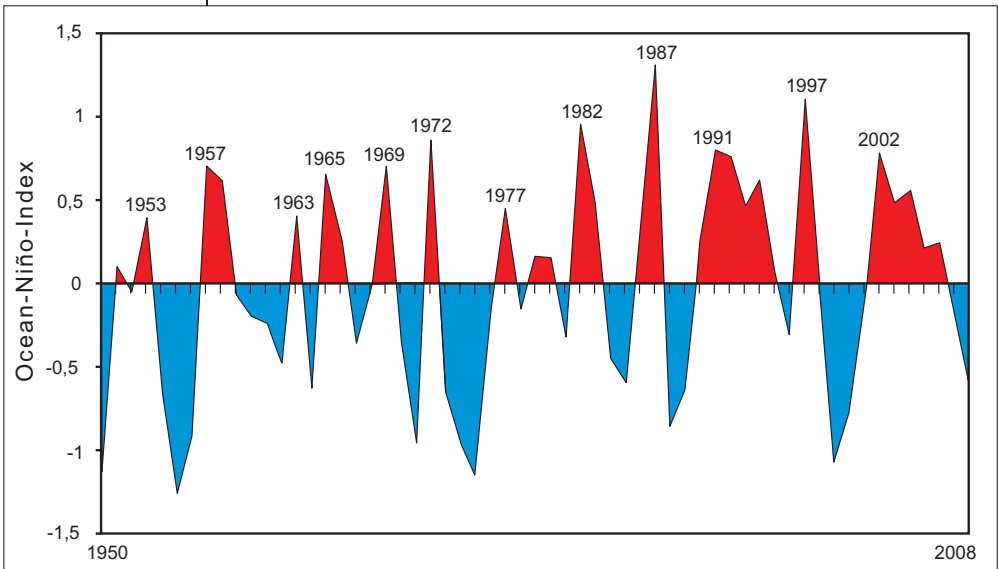
Die entscheidende Wende im Ablauf des Temperaturklimas ab 1850 hat, wie bereits erwähnt, erst in den 1960er-Jahren eingesetzt. Sie kann mit der starken Zunahme der jährlich auftretenden CO<sub>2</sub>-Differenzen in Zusammenhang gebracht werden. Nach einem eher noch zaghaften Anstieg derselben um 1959/60 (Abb. 4) war es schließlich 1966 zu jener spontanen Anhebung der jährlich auftretenden atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Differenzen gekommen, welche sowohl im globalen CO<sub>2</sub>-Haushalt als auch in der Temperaturentwicklung eine nachhaltige Umstellung nach sich zog. Ein derart abrupt auftretendes Ereignis ist kaum als Folge einer

**Abb. 3:**  
**Homogenisierter Datensatz der Jahresmitteltemperaturen ab 1851, Messstelle Wien Hohe Warte. Die Temperaturkurve zeigt eine weitgehende Übereinstimmung mit Abb. 2.**  
**A = Gletscherhochstand der Pasterze, von 1859 bis 1882**  
**Häufung warmer Jahreszeiten,**  
**B = Kaltphase des ausgehenden 19. Jahrhunderts,**  
**C = stabile Klimaperiode bis 1939, Zeit der starken Erwärmung in der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts.**  
**Datenquelle:**  
**(<http://www.zam.ac.at/HISTALP>).**



**Abb. 4:** Ausschnitt der CO<sub>2</sub>-Kurve in Abb. 2. ab den 1960er-Jahren (Periode der Klimaerwärmung).

seit dem 19. Jahrhundert sich allmählich ausweitenden Industrialisierung zu verstehen. Es ist eher der Ausdruck einer völlig neuen Situation, die möglicherweise im Zusammenhang mit einer zeitlich parallel dazu einsetzenden Intensivierung der El-Niño-(Warmwasser-)Ereignisse (SCHÖNWEISE 2003: 199 und 423) zu sehen ist (Abb. 5).



**Abb. 5:** Das El-Niño-Phänomen von 1950 bis 2008. Zunahme der El-Niño-Ereignisse ab den sechziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts, Höhepunkt und Rückgang der Ereignisse ab dem „Super“-El-Niño von 1987. Datenquelle: ([www.nws.noaa.gov](http://www.nws.noaa.gov)).

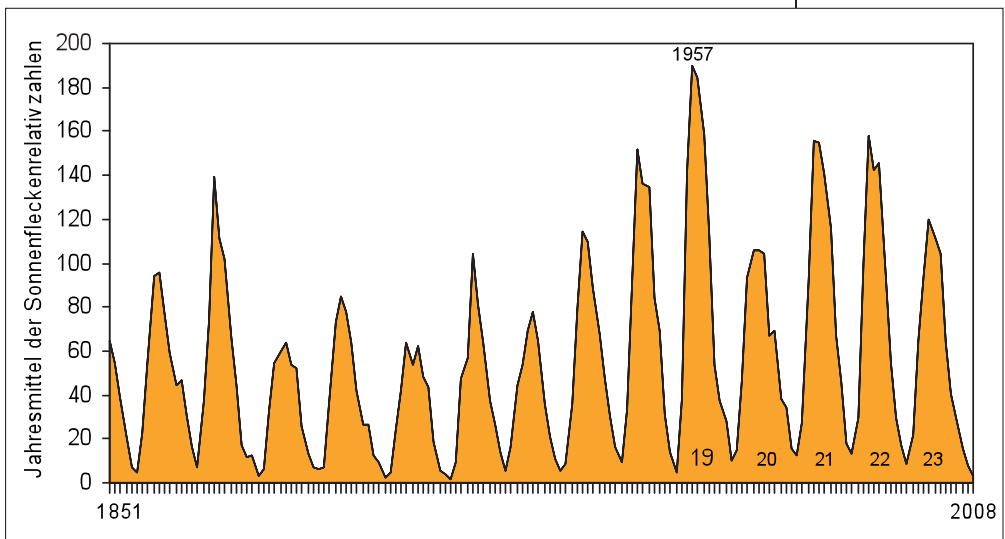
### Das El-Niño-Phänomen

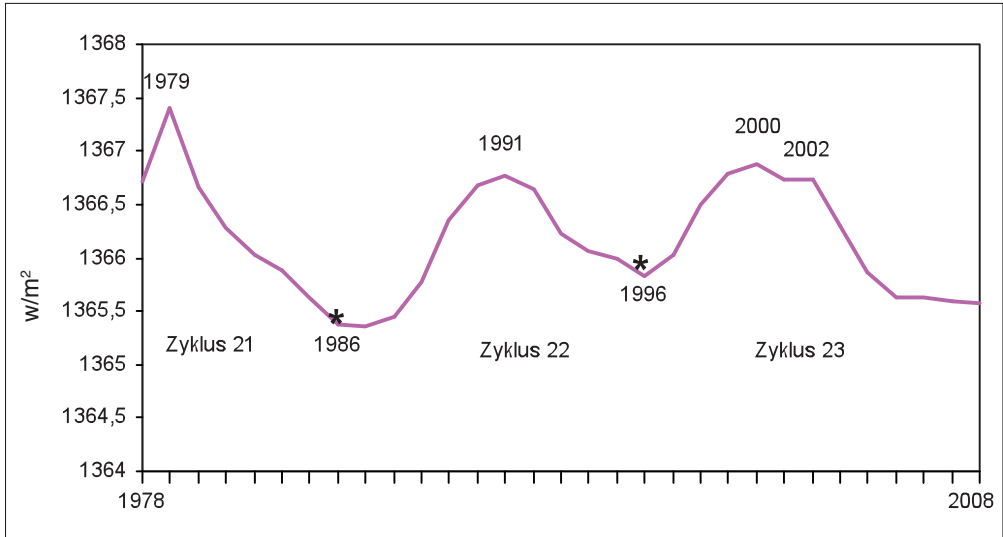
Das El-Niño-Phänomen ist die Folge atmosphärisch-ozeanischer Wechselwirkungen und entwickelt sich als „Warmwasserereignis“ vor allem im tropischen bis südlichen subtropischen Pazifik. Das Phänomen erscheint in unregelmäßigen Abständen von etwa drei bis sieben Jahren (Abb. 5, rot) und erreichte 1987 und 1997 eine Stärke, die man als „Super-El-Niño“ bezeichnen kann. Es ist bemerkenswert, wie aus den Abbildungen 4 und 5 ersichtlich wird, dass nachfolgend auf El-Niño-Ereignisse stets ein Anstieg der jährlichen CO<sub>2</sub>-Differenzen zu beobachten ist. Dieses Faktum dürfte die klimatische Bedeutung der El-Niño-Ereignisse im Zusammenhang mit der Klimaerwärmung unterstreichen. Warmwasser-Ereignisse wechseln stets mit Kaltwasser-Ereignissen ab (Abb. 5, blau). Durch die Kaltwasser-Ereignisse (La-Niña-Ereignisse) wird kaltes Tiefenwasser der Weltmeere an die Oberfläche befördert. Kaltes Meerwasser enthält größere Mengen des Treibhausgases CO<sub>2</sub>, gelöst als erwärmtes Oberflächenwasser und ist daher in der Lage vermehrt CO<sub>2</sub> an die Atmosphäre abzugeben. Warmwasser-Ereignissen und deren Einfluss auf das Klima sind daher stets im Zusammenhang mit den Kaltwasser-Ereignissen zu sehen.

### Sonnenfleckenzyklen und Sonneneinstrahlung

Die Bedeutung der Sonnenfleckenaktivität liegt vor allem in der Information über die Schwankungen solarer Aktivität. Diese Schwankungen weisen einen Zyklus von ± elf Jahren auf (Schwabe-Zyklus) und werden üblicherweise durch die Sonnenfleckenrelativzahl ausgedrückt (Abb. 6). Mehrere dieser Zyklen können jeweils zu einem übergeordneten Maximum oder Minimum solarer Aktivität zusammengefasst werden. Die Sonnenflecken an sich, das heißt der dunkle Kern derselben (Umbra) gibt selbst weder solarmagnetische Teilchenströme (Sonnenwinde) noch elektromagnetische Strahlung ab. Der Einfluss der Fleckentätigkeit auf das Klima der Erde geht daher von gesonderten Aktivitätszentren aus wie

**Abb. 6:**  
Sonnenfleckenzyklen 10 bis 23. Die Jahresmittel der Sonnenfleckenrelativzahlen ab 1851 veranschaulichen die ungewöhnlich starke Zunahme der Sonnenfleckenaktivität in der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts.  
Datenquelle:  
SIDC – Solar Influences Data Analysis Center ([www.sidc.oma.be](http://www.sidc.oma.be)).





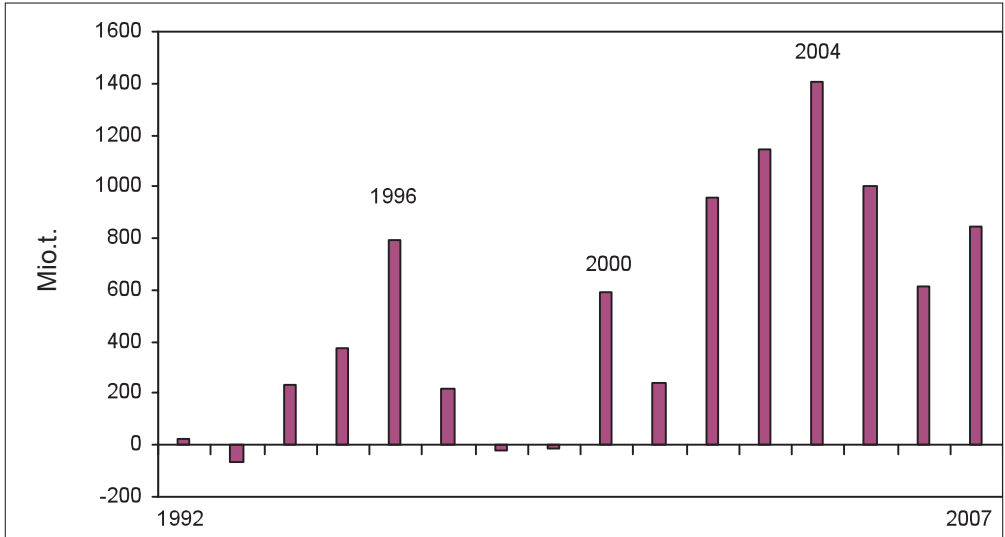
**Abb. 7:**  
**Satellitenmessung der Sonneneinstrahlung (Total Solar Irradiance) von 1978 bis 2008. Die Sternchen bezeichnen die Minima der Sonnenflecktätigkeit von 1986 und 1996. Datenquelle: ACRIM – Active Cavity Radiometer Irradiance Monitor ([www.acrim.com](http://www.acrim.com)).**

z. B. von den Sonnenfackeln, welche mit den Sonnenflecken assoziiert werden.

Die Fleckentätigkeit der Sonne erreichte in der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts ein Ausmaß wie seit dem Hochmittelalterlichem Klimaoptimum nicht mehr. Im Besonderen gilt das für den Fleckenzklus 19 mit einer Sonnenfleckenrelativzahl von 190,2 im Jahre 1957. Wenn man die Bedeutung der Sonnenflecktätigkeit als klimarelevanten Faktor ernst nimmt, so kann diese über mehrere Zyklen hinweg anhaltende starke Fleckentätigkeit nicht ohne Einfluss auf das Temperaturklima in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts geblieben sein. Mit dem Überschreiten des absoluten Höhepunktes solarer Fleckentätigkeit im Jahre 1957 hat sich offenbar bereits eine vorprogrammierte allmähliche Abschwächung der Fleckentätigkeit und damit auch der Klimawende angebahnt. Diese Abschwächung der Fleckentätigkeit mag ihren Ausdruck auch im Rückgang der Sonneneinstrahlung seit 1978 finden, wie das im Rahmen von Satellitenmessungen (außerhalb der Erdatmosphäre) festzustellen ist (Abb. 7). Desgleichen haben auch die El-Niño-Ereignisse in ihrer Intensität seit 1987 bereits wieder abgenommen (Abb. 7) und die jährlichen Differenzbeträge atmosphärischen Kohlendioxids sind nach Überschreiten des (vorläufigen?) Höhepunktes im Jahre 1998 geringer geworden. Das alles steht im Einklang damit, dass die Jahresmitteltemperaturen (am Beispiel Wien) seit 2000 nicht mehr weiter ansteigen, sondern verflachen (Abb. 3).

### Globaler anthropogener CO<sub>2</sub>-Ausstoß

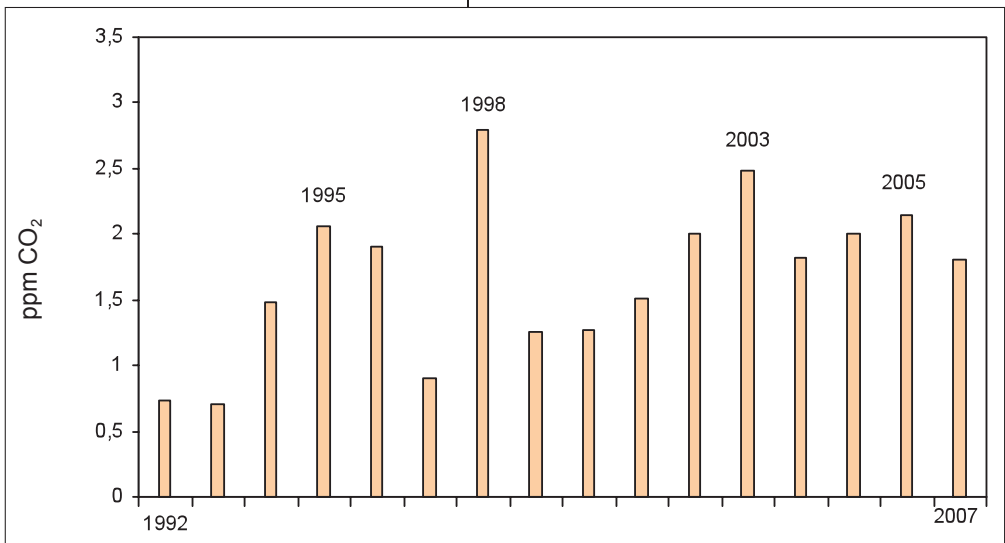
Der weltweite, jährlich gemittelte anthropogene CO<sub>2</sub>-Ausstoß ab 1991, welcher der Abb. 8 zugrunde liegt, wurde vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technik (Deutschland) auf der Basis des Primärenergieverbrauchs in Mio. Tonnen errechnet, die Emissionsfaktoren wurden im Forschungszentrum Jülich bestimmt.



Das Balkendiagramm in Abb. 8 drückt die jährlichen anthropogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen in Form weltweit gemittelter Differenzbeträge aus, um die Emissionsbeträge mit den jährlichen Differenzen an atmosphärischem CO<sub>2</sub> in Abb. 9 (Ausschnitt aus Abb. 2) vergleichen zu können. Als Bezugspunkt (0) der CO<sub>2</sub>-Emissionen dient der weltweit gemittelte CO<sub>2</sub>-Ausstoß des Jahres 1991. Die Auswertung von Abb. 8, d. h. der Ver-

**Abb. 8:** Global gemittelte Differenzen des Jahresausstoßes an anthropogenem CO<sub>2</sub> von 1992 bis 2007. Bezugspunkt (0=) ist die anthropogene Emission von 1991. Das Balkendiagramm veranschaulicht die einseitig gerichtete Zunahme der Emissionen. Datenquelle: Bundesministerium für Wirtschaft und Technik, Deutschland (<http://www.iwr.de/>).

**Abb. 9:** Ausschnitt aus der CO<sub>2</sub>-Kurve in Abb. 2 von 1992 bis 2007. Das Balkendiagramm bringt die annähernd gleichmäßigen Schwankungen gemittelter Jahresdifferenzen an CO<sub>2</sub> zum Ausdruck.



### Dank

Es ist mir ein aufrichtiges Bedürfnis folgenden Personen für die Mithilfe am Zustandekommen der Studie zu danken. Herrn Mag. Dietmar Baumgartner, Sonnenobservatorium Kanzelhöhe der Universität Graz, danke ich recht herzlich für die uneigennützig Unterstützung sowohl durch Diskussion und Beratung bei solar-terrestrischen Problemen, vor allem aber für die Beschaffung von Messdaten der angesprochenen Klimaantriebe. Frau Bakk. Ingrid Wiedner, Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, danke ich für die unerlässliche administrative Hilfe, und Frau Helga Mühlbacher, Landsmuseum Kärnten, gilt mein Dankeschön für die Mithilfe an der Computergestaltung der Abbildungsbelege.

gleich mit Abb. 9 möge berücksichtigen, dass es sich um eine relativ kurze Referenzperiode von nur 16 Jahren handelt. Dennoch sei hervorgehoben, dass entgegen jeder Erwartung die beiden Abbildungen nicht jene überzeugende Korrelation der Kurven erkennen lassen, wie das im Sinne eines stark anthropogen beeinflussten atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Haushaltes zu erwarten sein sollte. Man beachte unter anderem die stark unsymmetrisch gerichtete Tendenz des Kurvenverlaufes in Abb. 8 gegenüber Abb. 9, sowie die zeitlich unterschiedlichen Positionen der jeweiligen Kurvenhöhepunkte.

### LITERATUR

- RUDLOFF, H. v. (1980): Die Klima-Entwicklung in den letzten Jahrhunderten im mitteleuropäischen Raume mit einem Rückblick auf die postglaziale Periode: 125–148. In: OESCHGER, H., B. MESSERLI & M. SVILAR (Hsg.): Das Klima. – Springer Verlag, Stuttgart.
- SCHÖNWIESE, Ch. (1995): Klimaänderungen. – Springer Verlag.
- SCHÖNWIESE, Ch. (2003): Klimatologie. – Ulmer UTB.

### Anschrift des Verfassers

Univ. Prof.  
Dr. Adolf Fritz  
Koschatstraße 99  
A-9020 Klagenfurt