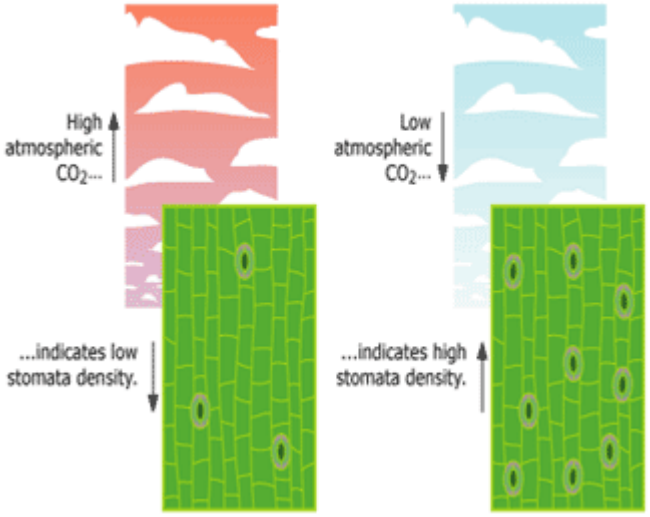
Atmosphärischer CO_2-Gehalt der letzten 15.000 Jahre, bestimmt aus Fossilien

geschrieben von Chris Frey | 19. Juli 2019

CO_2-Aufzeichnungen in Pflanzenfossilien

Pflanzenfossilien in Sedimentgestein und Schlammablagerungen sind ein relativ neues Hilfsmittel zur Bestimmung der **CO_2-Historie** der Erde. Kleine Poren von Blättern und Nadeln, **Stomata** genannt, regulieren die Aufnahme von Kohlendioxid und die Freisetzung von Wasserdampf. Die Anzahl von Stomata **nimmt ab** in Zeiten **hoher** atmosphärischer CO_2-Konzentrationen; sie **nehmen zu**, wenn der atmosphärische CO_2-Gehalt **niedrig** ist:



Das CO_2-Messgerät der Natur

● Es hat sich als sehr brauchbar erwiesen, eine standardisierte Art und Weise der Zählung von Stomata anzuwenden – bezeichnet als ***stomatal index*** (SI {%}) – um den CO_2-Gehalt der Atmosphäre abzuschätzen zu der Zeit, als die Pflanze lebte. Die Relation zwischen CO_2 und SI variiert nach Pflanzen-Spezies, Seehöhe der Pflanze und anderen Faktoren.

● **Korrelations-Graphiken** werden konstruiert mittels moderner Stichproben von Pflanzen, indem man ihre SI-Zahlen bestimmt und dann die korrespondierenden CO_2-Konzentrationen. Wenn die Bandbreiten des SI und von CO_2 vollständig charakterisiert sind, werden diese Graphiken herangezogen, um das CO_2-Niveau bei verwandten Spezies in der geologischen Vergangenheit abzuschätzen.

● **Die Bestimmung des *Alters* von Pflanzenfossilien mittels des C14-Verfahrens werden normalerweise bis 40.000 Jahre zurück angewendet. Noch**

älteres Material erfordert andere Verfahren.

Weil die Anzahl von Pflanzen-**Stomata** sich nicht ändert, nachdem Blätter und Nadeln von den jeweiligen Bäumen abgefallen waren, sind sie ein guter Indikator oder eine gute **Proxy** zur Bestimmung des atmosphärischen CO_2-Gehaltes in der Atmosphäre während der Vergangenheit. Was sie zeigen ist, dass der populäre Glaube eines stabilen CO_2-Niveaus vor der Industriellen Revolution stetig bei 280 ppm, falsch sein dürfte.

Wie unten gezeigt, zeigen Untersuchungen der Stomata bei gegenwärtigen und fossilen Pflanzen, dass der atmosphärische CO_2-Gehalt während der letzten 15.000 Jahre höher gelegen und viel variabler gewesen sein könnte als bisher angenommen. Vieles von dem, was wir über das CO_2-Niveau in der Vergangenheit zu wissen glauben, stammt aus **Eisbohrkernen**.

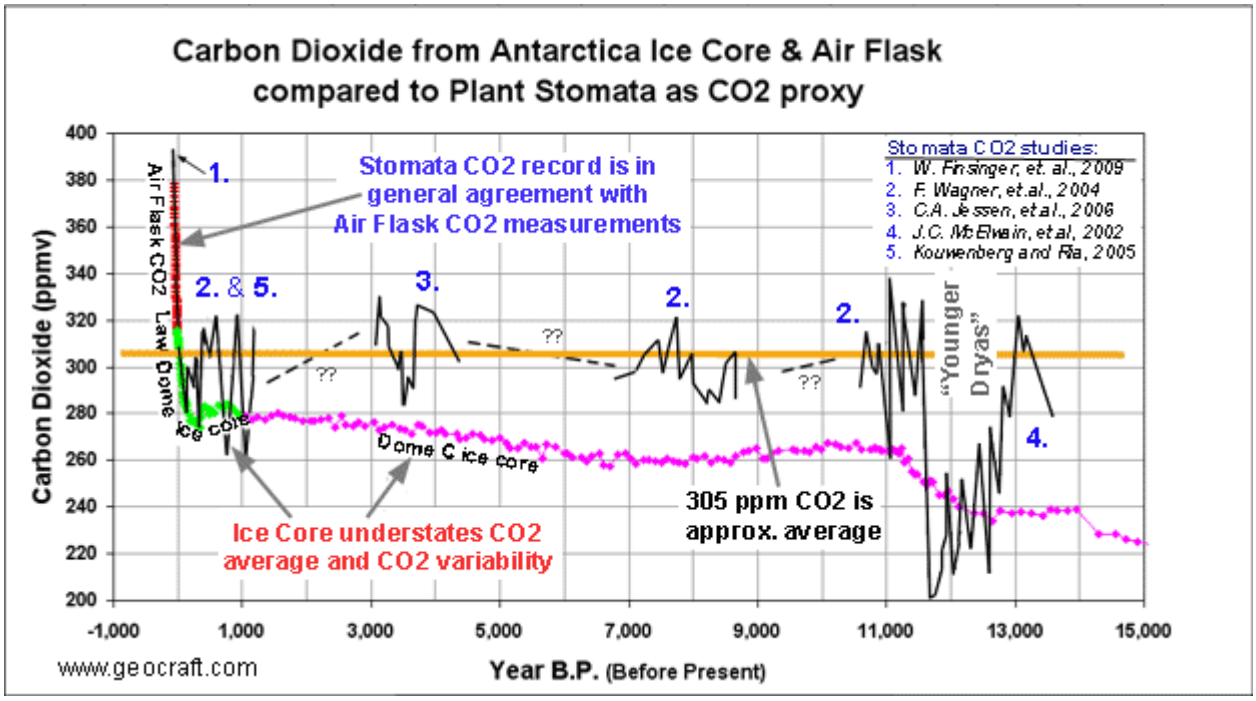


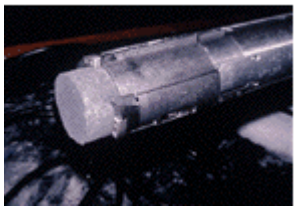
Abbildung: Jüngste **Stomata-Studien** zeigen, dass der **CO_2-Gehalt** und die **mittleren CO_2**-Konzentrationen während unserer **Holozän-Interglazial-Periode** (die letzten 11.000 Jahre) signifikant höher gewesen sein könnte als aus den **Eisbohrkernen** hervorgeht.

Eisbohrkern-Aufzeichnungen

Eisbohrkerne aus Bohrungen in der Antarktis und auf Grönland waren die bedeutendste Art, die Niveaus von CO_2-Gehalten der Vergangenheit zu bestimmen – allerdings zeigen jüngste Stomata-Studien, dass die **Eisbohrkerne** in vielerlei Hinsicht in die Irre geführt haben könnten.

Beispiel: Wenn Eisbohrkerne zerlegt werden, um das Gas aus den kleinen eingeschlossenen Luftbläschen zur Messung des CO_2-Gehaltes heranzuziehen, gibt es eine Hypothese, der zufolge Luftbläschen im Eis ein genaues

Abbild der CO_2-Historie der Erde zeigen. Allerdings erfuhr die chemische Zusammensetzung der Bläschen Änderungen, welche diese Aufzeichnung verzerrt haben könnten.



Untersuchung eines
Eisbohrkerns.
Bild: Vin Morgan

Es kann ein Jahrhundert oder noch länger dauern, bis sich akkumulierende Eisschichten tief genug versunken sind, um von der Atmosphäre isoliert zu sein. Am Südpol ist das bei einer Tiefe ab etwa 120 m der Fall. Die daraus resultierenden Wärme und Druck bewirken einen Gas-Austausch zwischen Eisschichten, was die Chemie der Luftbläschen im Eis modifiziert. Bei Tiefen zwischen 900 und 1200 Metern ist der Druck so hoch, dass Luftbläschen im Eis verschwinden und die Gase sich mit Flüssigkeiten und Eiskristallen verbinden. Derartige Prozesse neigen dazu, die Variabilität in den Eisbohrkernen weg zu glätten, und dazu, den CO_2-Gehalt als niedriger erscheinen zu lassen als er wirklich war. Damit wird die Auflösung der betreffenden CO_2-Variabilität verschleiert.

„Das Vorkommen flüssigen Wassers in polarem Schnee und Eis ist normal, selbst noch bei Temperaturen bis -72°C, und in kaltem Wasser ist CO_2 70 mal mehr löslich als Stickstoff und 30 mal mehr als Sauerstoff – das garantiert, dass sich die Anteile der in den historischen Bläschen eingeschlossenen Luft ändern. Außerdem werden bei dem extremen Druck in tiefen Eisschichten – 320 Bar oder das 300-fache des normalen Luftdrucks – hohe Gehalte an CO_2 aus der historischen Luft hinaus gedrückt“.

Zbigniew Jaworowski, Experte der atmosphärischen Ablagerung radioaktiver Bestandteile in Gletschereis.

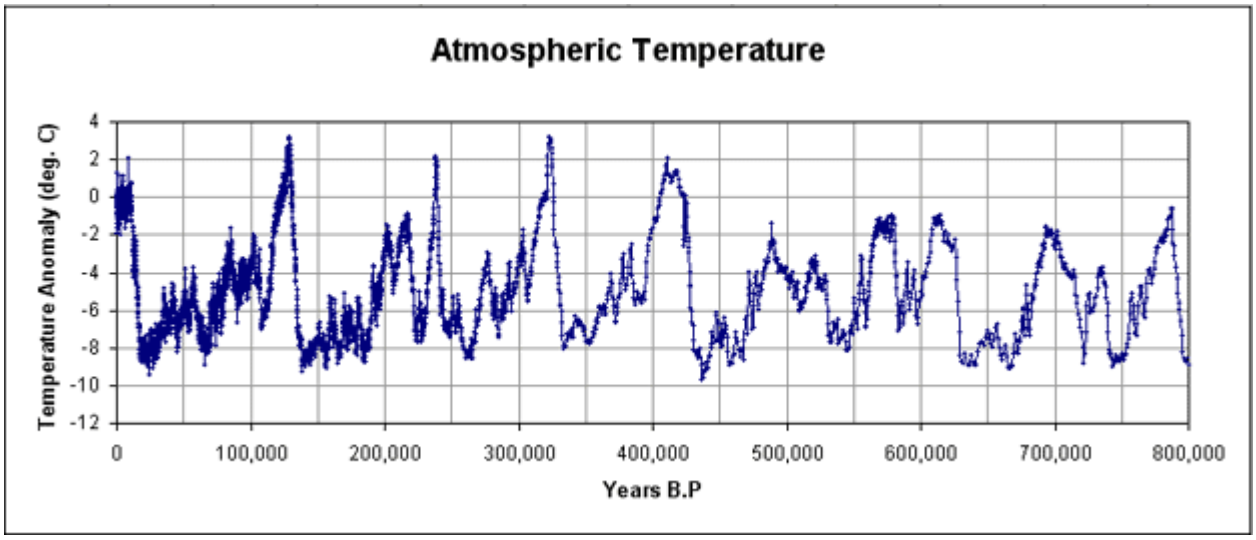


Abbildung 1

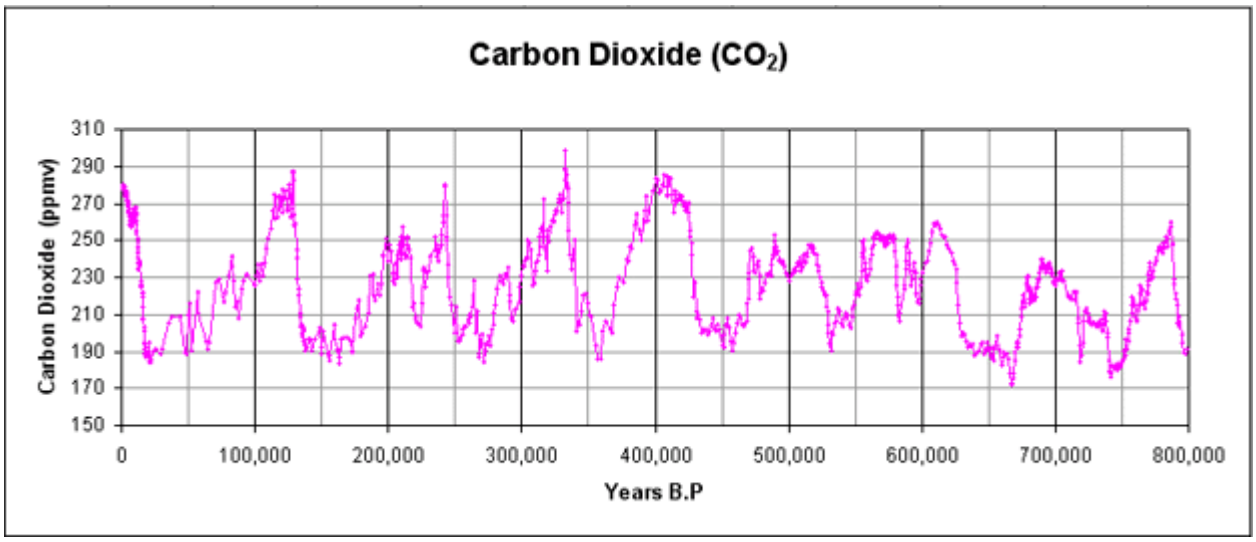


Abbildung 2

Obwohl die Eisbohrkerne eine sehr gute gesamt-Übersicht von Temperatur- und CO_2–***Trends*** über tausende von Jahren zeigen, ist deren Zuverlässigkeit, Details im Zeitmaßstab von Jahrzehnten aufzulösen – oder in manchen Fällen auch Jahrhunderten – limitiert. Trotzdem werden diese Daten herangezogen als prinzipielle Beweise, dass ein CO_2-Niveau über 300 ppm beispiellos in der gesamten Menschheitsgeschichte und eine Ursache für Bedenken sind.

Die Vermutung einer Stabilität von CO_2

Die Aufzeichnungen von **CO_2** und der **Temperatur** über die letzten 15.000 Jahre (aber *ohne* die CO_2-Aufzeichnung aus Stomata) zeigt Abbildung 3. Mit Ausnahme der CO_2-Messungen des ***South Pole Air Flask*** [?] stammen alle anderen Daten einschließlich der Temperatur aus Eisbohrkernen.

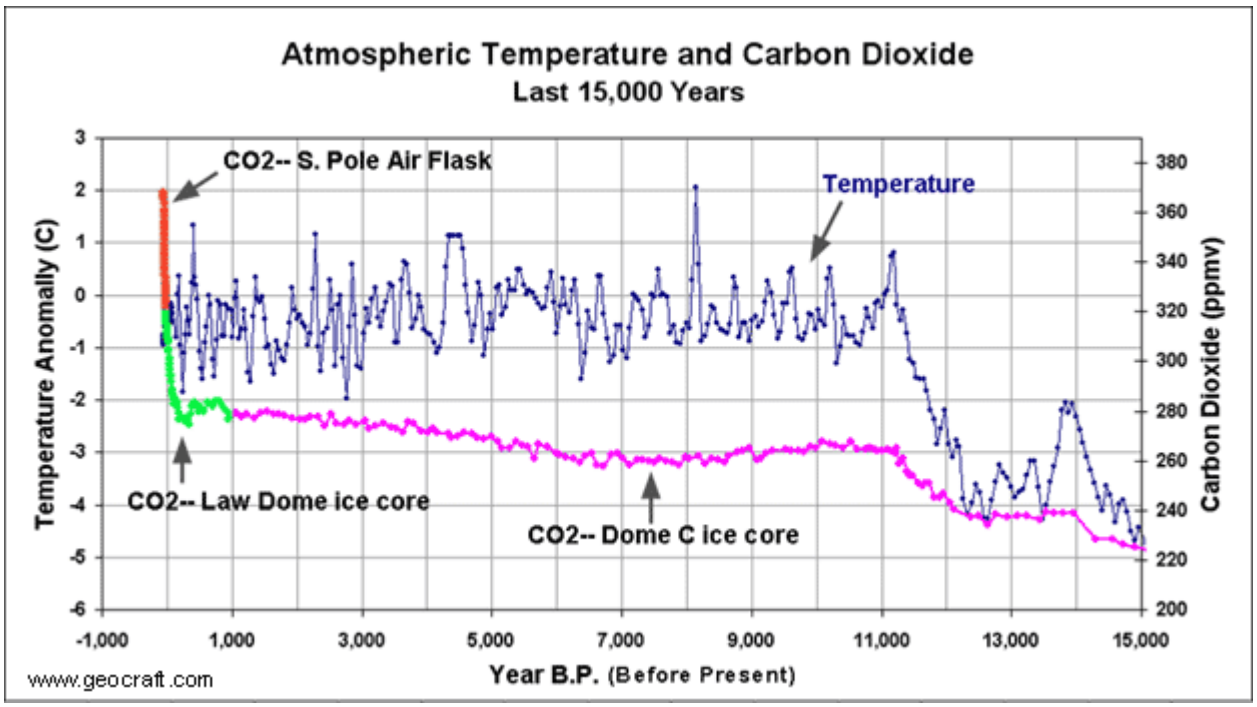


Abbildung 3: Die CO_2-Aufzeichnungen der letzten 15.000 Jahre stammen zumeist aus Eisbohrkernen. Diese stammen aus **Law Dome** (grün) und **Dome C** (magenta) in der Antarktis. Seit 1957 wurden vom Südpol Proben von ***Air Flask*** (rot) analysiert (siehe größeres Bild). Per Konvention beginnt der Zeitraum „Jahre vor heute" im Jahre 1950, weshalb spätere Jahre „negativ" erscheinen.

Den Eisbohrkernen von **Dome C** und **Law Dome** zufolge blieb der CO_2-Gehalt über fast 15.000 Jahre vor der *Industriellen Revolution* unter **280 ppm**, während nur der jüngste Abschnitt des **Law Dome** (nach 1900) CO_2-Konzentrationen über 300 ppm zeigen.

Die jüngsten CO_2-Daten beruhen nicht auf Eisbohrkernen, sondern aus *Air Flask*-Stichproben vom Südpol. Sie zeigen konsistent einen CO_2-Gehalt über 300 ppm. Der Zeitpunkt zur Bestimmung, welche CO_2-Konzentrationen nun wirklich vorhanden waren, bevor die Menschen begannen, fossile Treibstoffe zu verbrennen, ist der Beginn der *Industriellen Revolution* um das Jahr 1750*. Eine grundlegende Annahme ist, dass die *vor*-industriellen CO_2-Konzentrationen unter 280 ppm gelegen haben und dass der gesamte Gehalt darüber den Menschen geschuldet ist. Diese Annahme ist jedoch mit allen möglichen Problemen behaftet, über die kaum einmal diskutiert wird.

[*Diese Jahreszahl kann ein Druckfehler sein, aber weiter unten taucht sie explizit noch einmal auf. Darum wurde sie erst einmal stehen gelassen. Anm. d. Übers.]

Grundlage für die Schätzung des vorindustriellen CO_2-Gehaltes

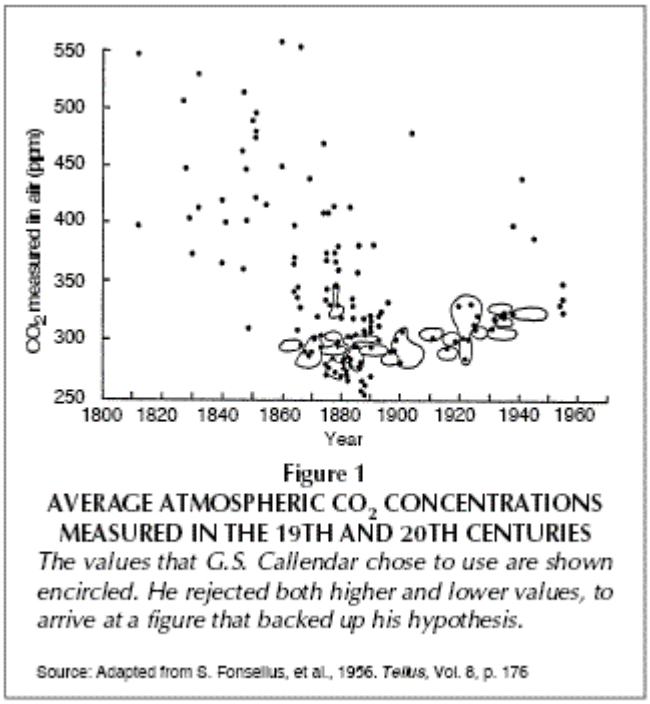


Figure 1
AVERAGE ATMOSPHERIC CO_2 CONCENTRATIONS MEASURED IN THE 19TH AND 20TH CENTURIES
The values that G.S. Callendar chose to use are shown encircled. He rejected both higher and lower values, to arrive at a figure that backed up his hypothesis.

Source: Adapted from S. Fonselius, et al., 1956. *Tellus*, Vol. 8, p. 176

Figure 4.

Die *industrielle Revolution* begann in Europa Mitte des 18. Jahrhunderts. Die Zeit davor wird als „Vor-industrielle Zeit“ angesehen.

Weil zuverlässige Messungen des CO_2-Gehaltes der Luft vor dem 19. Jahrhundert nicht vorliegen, ging man von der Annahme eines Gehaltes von 280 ppm im Jahre 1750 aus – großenteils aufgrund der Daten aus Eisbohrkernen und frühen Arbeiten von G. S. Callendar.

Im 19. Jahrhundert wurden direkte Messungen des CO_2-Gehaltes der Luft von verschiedenen Forschern durchgeführt. Interessanterweise lagen die meisten Messergebnisse über 300 ppm. Aus unbekannten Gründen wurden aber nur wenige dieser Messungen von G. S. Callendar (1898 bis 1964) als valide angesehen. Callendar war der Großvater der Theorie einer vom Menschen verursachten globalen Erwärmung. Heute werden die verbleibenden Daten weitgehend ignoriert, obwohl einige wenige Kommentatoren wie E. Beck und Z. Jaworowski zeigten, dass die Daten – einige davon zusammengestellt von Nobelpreisträgern – allgemein valide sind und dass die Ignoranz derselben unangemessen war.

Callendar behauptete, dass die Menschen die CO_2-Konzentrationen mittels Verbrennung fossiler Treibstoffe haben steigen lassen. Die Änderung erfolgte von 274 ppmv auf 325 ppmv im Jahre 1935 – stellt also eine Zunahme um 18,3% dar. Dadurch soll die globale Temperatur um 0,33°C gestiegen sein.

Allerdings zeigen die verfügbaren CO_2-Daten aus jener Zeit Konzentrationen zwischen 250 ppm und 550 ppm (Abbildung 4). Man warf Callendar Rosinenpickerei bzgl. der Daten einer Stichprobe aus Mittelwerten aus dem 19. Jahrhundert vor, wählte er doch 26 Datenpunkte aus, die seine Gedanken stützten, während er 16 Datenpunkte außen vor

ließ, weil diese höhere Werte zeigten als sein vermutetes globales Mittel.

Trotz zahlreicher Luftmessungen aus dem 19. Jahrhundert, welche ein Niveau über 300 ppm CO_2 zeigten, und trotz der Tatsache, dass viele der Eisbohrkerne aus jüngerer Zeit höhere CO_2-Werte zeigten als erwartet, werden die Eisbohrkern-Aufzeichnungen heute allgemein herangezogen, um die CO_2-Konzentrationen vor 1957 zu repräsentieren. Dabei hatte man die Werte noch 90 bis 100 Jahre vorverlegt, damit sie besser zu den Stichproben aus dem 20. Jahrhundert passen. Das IPCC legt die vorindustrielle Konzentration von CO_2 in der Atmosphäre auf 280 ppm fest, großenteils auf den Eisbohrkern-Aufzeichnungen basierend, obwohl dies niemals unabhängig überprüft worden ist.

Als im Jahre 1957 systematische Messungen der Luft begannen, lagen die CO_2-Werte um **315 ppm**. Heute beträgt die Konzentration etwa **384 ppm**. Gegenwärtige Schätzungen der anthropogenen Komponente des atmosphärischen CO_2-Gehaltes variieren zwischen **4%** und **25%** (wobei Letzterer von einem vorindustriellen Niveau von **280 ppm** ausgeht und unter der Annahme, dass der gesamte darüber hinaus gehende Anteil den Menschen geschuldet ist). Das Problem der Grundlinie von 280 ppm besteht darin, dass es immer mehr Belege dafür gibt, dass dieser Wert zu niedrig angesetzt ist.

Ein über **300 ppm** hinausgehender CO_2-Gehalt, so sagt man uns, ist unnatürlich und beispiellos, aber verfügbare Luftmessungen aus dem 19. Jahrhundert bzgl. CO_2 und Studien von **Stomata** von Pflanzen ergeben immer mehr ein anderes Bild.

Fiktion: „Die gegenwärtige Rate der Änderung ist dramatisch und beispiellos; eine CO_2-Zunahme war niemals über 30 ppm in 1000 Jahren hinausgegangen – und doch ist der CO_2-Gehalt um 30 ppm allein während der letzten 17 Jahre gestiegen“. – IPCC Arbeitsgruppe I: die physikalisch-wissenschaftliche Grundlage des Klimawandels, AR 4 (2007)

Fiktion: Zu keiner Zeit der letzten 650.000 Jahre vor der industriellen Ära sind die CO_2-Konzentrationen über 300 ppm hinausgegangen …“ – aus *An Inconvenient Truth* des **ehemaligen Vizepräsidenten Al Gore** (jetzt Mitbegründer und Vorsitzender von *Generation Investment Management,* einer in London ansässigen Firma, welche Kohlenstoff-Zertifikate verkauft).

Fakt: Die Mehrheit aller CO_2-Abschätzungen im Holozän auf der Grundlage von Stomata-Häufigkeiten stützt nicht das weithin akzeptierte Konzept vergleichsweise stabiler CO_2-Konzentrationen während der letzten 11.500 Jahre. – F. Wagner et al. (2004), Paläo-Ökologe und Experte für Stomata-Untersuchungen.

Die letzten 15.000 Jahre – neu bewertet

Untersuchungen von Pflanzen-**Stomata** zeigen, dass die gegenwärtige Ansicht von einem vorherrschend stabilen CO_2-Niveau (260 bis 280 ppm) vor der *Industriellen Revolution* (um das Jahr 1750, also vor rund 250 Jahren) nicht stimmen könnten. Das CO_2-Niveau scheint regelmäßig höher als 280 ppm gewesen zu sein – der ***mittlere* CO_2-Konzentration über das Interglazial des Holozäns** (also die letzten 11.000 Jahre) scheint etwa bei **350 ppm** gelegen zu haben.

Im Gegensatz zur derzeitigen Lehrmeinung einer CO_2–***Stabilität* scheinen Änderungen des CO_2-Gehaltes um 20 bis 50 ppm oder mehr** im Zeitmaßstab von 500 bis 1000 Jahren die Norm zu sein – und nicht die Ausnahme.

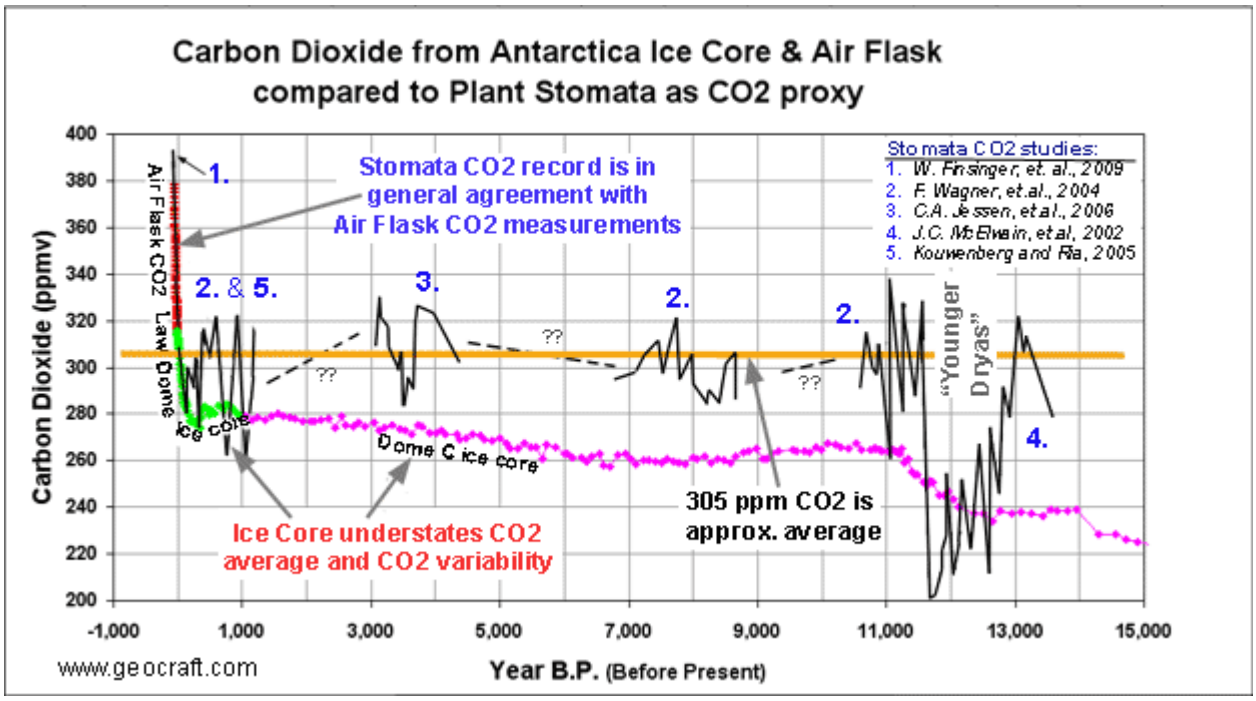


Abbildung 5: Ergebnisse jüngster **Stomata-Studien**, welche zeigen, dass **CO_2 variabler** war und dass die **mittleren CO_2**-Konzentrationen während unseres **Holozän-Interglazials** (die letzten 11.000 Jahre) signifikant höher waren als es aus den **Eisbohrkernen** hervorgeht. Ein schroffer Rückgang des CO_2-Gehaltes während des „*Younger Dryas*" kommt in den Stomata-Aufzeichnungen deutlich zum Ausdruck, fehlt jedoch völlig in den CO_2-Aufzeichnungen der Eisbohrkerne (Größeres Bild)

Stomata-Forscher betrachten die Proxy aus Pflanzen-Stomata als zuverlässigen Indikator, um das CO_2-Niveau in der geologischen Vergangenheit zu bestimmen einschließlich des *Holozän-Interglazials*, welches den Zeitraum von vor etwa 12.000 Jahren bis heute umfasst.

„Stomata-Daten erhärten immer mehr eine viel dynamischere Evolution des CO_2-Gehaltes im Holozän als es aus den Eisbohrkern-Daten hervorgeht". – L. Kouwenberg et al. 2005, *Laboratory of Palaeobotany and Palynology, Utrecht University, Netherlands*

Daten aus verschiedenen **Stomata**-Studien zeigen, dass die CO_2-Konzentrationen während der letzten 11.000 Jahre zwischen **260 und 340 ppm** variierten (Mittelwert: **305 ppm**). Im Gegensatz dazu zeigte der **Eisbohrkern vom Dome C** keine signifikante Variabilität sowie ein insgesamt deutlich niedrigeres CO_2-Niveau (Mittelwert: **270 ppm**).

Eine starke CO_2-Abnahme zeigt sich von vor 11.500 bis 12.000 Jahren vor heute, welche zusammenfiel mit einer abrupten Abkühlungsphase, bekannt unter der Bezeichnung „*Younger Dryas*“ (Abbildung 5). Während der **Dome C Eisbohrkern** aus der Antarktis keine Spur dieses Ereignisses zeigt, kommt es in den Stomata-Daten bzgl. CO_2 klar zum Ausdruck.

Auf der Grundlage dieser Stomata-Daten könnte die konventionelle Annahme eines präindustriellen Gehaltes von 280 ppm um etwa 25 ppm zu niedrig sein. Mit anderen Worten, 24% der vermuteten Zunahme des CO_2-Gehaltes während der industriellen Ära kann in Wirklichkeit das Ergebnis einer Verzerrung und schlechter Auflösung der CO_2-Variabilität in den Eisbohrkernen sein.

Während die Stomata-Daten einen höheren CO_2-Gehalt zeigen als Eisdaten vor dem Jahr 1900, stimmen sie allgemein überein mit dem jüngsten Abschnitt der **Law Dome-Eisdaten** (von 1900 bis 1957) und auch mit den zeitweiligen ***Air Flask*-Messungen am Südpol** (echte Luft-Stichproben). Sie begannen im Jahre 1957 und werden bis heute durchgeführt. Mit anderen Worten, die Stomata-Ergebnisse stimmen mit den Daten überein, welche am wenigsten anfällig sind für Verzerrung und Diffusions-Fehlern.

Die Stomata-Aufzeichnungen sind bedeutende Beweise, um die Haltung in Frage zu stellen, wonach Variationen des CO_2-Niveaus um 20 bis 50 ppm über Zeiträume von weniger als 1000 Jahren „beispiellos“ sind oder dass die präindustriellen CO_2-Konzentrationen nie über 300 ppm hinausgegangen sind – beides dürfte tatsächlich normal gewesen sein.

Alles in die richtige Perspektive gestellt

Neue Studien zu **Pflanzen-Stomata** fügen den Erkenntnissen der natürlichen CO_2-Variationen in der Erdatmosphäre wichtige neue Informationen hinzu, zeigen diese Studien doch, dass natürliche CO_2-Variationen viel dramatischer ablaufen als man es uns glauben gemacht hat – und dass während der letzten 11.000 Jahre ein regelmäßiger Anstieg des CO_2-Gehaltes über 300 ppm die Norm – und nicht die Ausnahme – gewesen ist. Ein natürlicher CO_2-Gehalt bis zu 340 ppm wird über diese Zeit gezeigt, was die Behauptungen, dass jener Gehaltes von 300 ppm CO_2 sowohl „beispiellos“ als auch un-natürlich in unserer derzeitigen Klima-Historie ist, in Frage stellt.

In Wirklichkeit ist die Menge des anthropogen hinzugefügten CO_2 während der letzten 250 Jahre mehr nur von akademischem als von praktischem Interesse, ist doch die Theorie, dass diese menschlichen Hinzufügungen zum atmosphärischen CO_2 der primäre Treiber von Temperaturänderungen der

Erde sind, nicht bewiesen. Beispiele:

● Die Lehrmeinung, dass CO_2 die **Temperaturen** treibt, wird durch den Eisbohrkern widerlegt (hier, PDF hier). Vielmehr zeigt sich darin, dass erst die Temperatur und später auch das CO_2 steigen.

● Während der **CO_2-Gehalt** während des letzten Jahrzehnts stetig zugenommen hat, sind die globalen Temperaturen nicht gestiegen (hier, PDF hier).

● **Temperaturen** in der **mittleren Troposphäre** (in etwa 5 km Höhe), wo die Signale einer Treibhaus–Erwärmung eigentlich am deutlichsten sein sollten, ist es seit dem Jahr 2000 tatsächlich gesunken (hier). Der Treibhaus-Theorie zufolge sollte dies nicht geschehen, falls CO_2-Zunahmen die primäre Ursache von globaler Erwärmung sind.



Da der Fall eines **CO_2-Problems** immer **ungewisser** wird, ist es angemessen, Klima-Projektionen und Computermodelle bzgl. globaler Erwärmung in Frage zu stellen, um sicherzustellen, dass wir bedeutsame und teure Entscheidungen nicht auf der Grundlage von Informationen erstellen, die gegenwärtig nicht aussagekräftiger sind als die Antworten eines ***magic 8-ball***.

Angesichts der vielen Komplexitäten von Wolken, Ozean-Senken, kosmischen Einflüssen und historischen Unsicherheiten ist klar, dass unser Wissen bzgl. CO_2-Gehalt und Klimazyklen unvollständig ist. Ein neues Puzzlesteinchen kommt von einfachen **Pflanzen-Fossilien** mit bedeutenden Hinweisen auf die dynamische Klima-Vergangenheit der Erde – und dessen Zukunft.

Link: https://www.geocraft.com/WVFossils/stomata.html

Übersetzt von Chris Frey EIKE