

Anstieg der CO₂-Konzentration der Atmosphäre

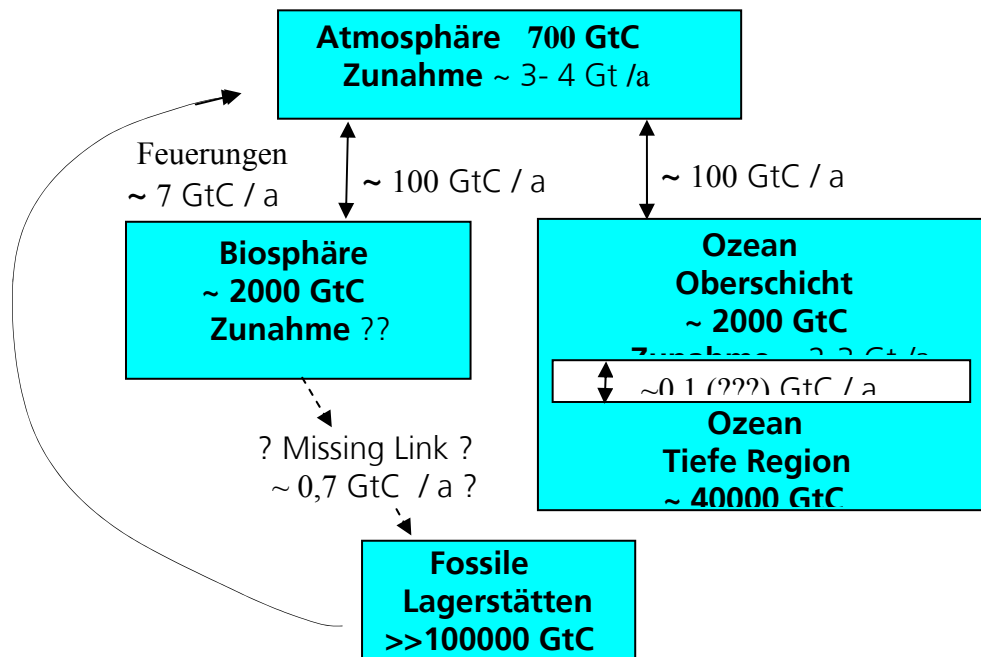


Abbildung 5: Schematische Darstellung des Kohlenstoff-Kreislaufs der Erde.

Etwa dreimal so viel Kohlenstoff ist auf dem Land in biologischen Massen gespeichert wie der Kohlenstoffgehalt der Atmosphäre ist. Etwa so viel Kohlenstoff ist in den oberen Schichten der Ozeane gespeichert wie auf dem Land. Der Austausch zwischen Atmosphäre, Land und oberer Schicht der Ozeane ist intensiv, der Austausch zwischen oberen und unteren Ozeanschichten ist langsam. In den unteren Ozeanschichten ist ca. 20mal so viel Kohlenstoff gespeichert wie in den oberen Schichten. Der Kohlendioxid-Austausch zwischen oberen und tieferen Ozeanschichten kann sich ändern und kann natürliche Klimaschwankungen und auch natürliche Klimakatastrophen verursachen. Durch die Verfeuerung fossiler Brennstoffe nimmt der CO₂-Gehalt der Atmosphäre stärker zu als der natürliche Schwankungsbereich der CO₂-Konzentration der Luft ist. Die Zunahme der CO₂-Konzentration der Luft führt zur Erwärmung der Ozeane, wodurch aus diesen zusätzlich Kohlendioxid entweicht (positive Rückkopplung). Die positive Rückkopplung bedeutet aber, dass die natürliche Schwankung der Sonnenaktivität auch ohne menschlichen Einfluss eine Schwankung der CO₂-Konzentration der Luft bewirken kann. Die Schwierigkeit der Klimaprognosen ist, dass die Unsicherheit im Austausch Tiefsee – Meeresoberfläche viel größer ist als die anthropogene Beeinflussung der CO₂-Konzentration der Luft. Darum ist jede Klimaprognose mit Fehlern behaftet. Man kann lediglich von der Wahrscheinlichkeit eines Szenarios sprechen. Die Wahrscheinlichkeit, dass sich die Globaltemperatur durch Verfeuerung fossiler Brennstoffe erhöht, ist SEHR GROSS. Die Wahrscheinlichkeit, dass die Anhäufung der Naturkatastrophen (Flutschäden, Orkanshäden, Temperaturerhöhung) zu einem signifikanten Anteil auf die Verfeuerung fossiler Brennstoffe zurückzuführen ist, ist ebenfalls SEHR GROSS. Faktum ist, dass fossile Brennstoffe in einem historisch beispiellosen Ausmaß verfeuert werden, dass die CO₂-Konzentration der Luft zunimmt und eine globale Temperaturerhöhung der Atmosphäre stattfindet. (Siehe auch Kommentare zu Abbildung 21.)

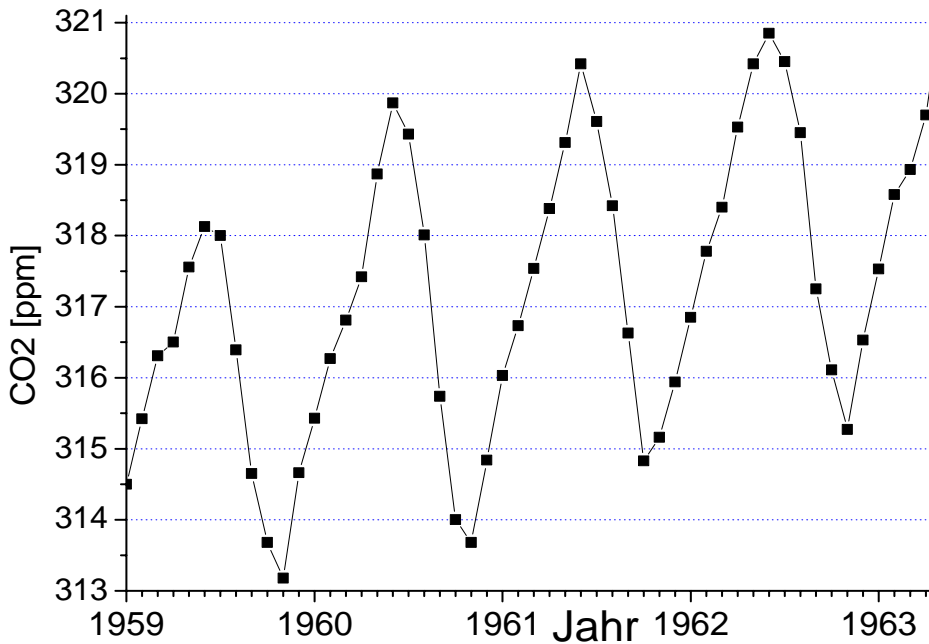
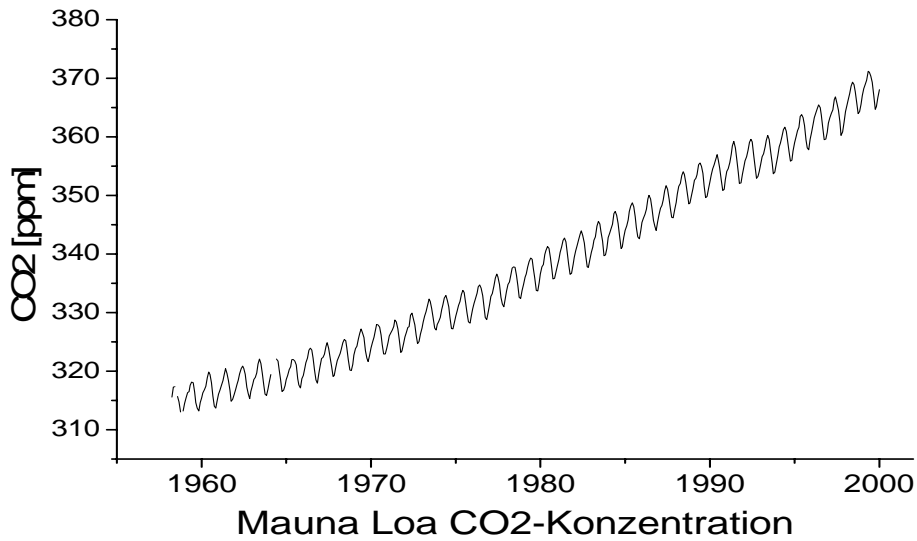


Abbildung 6: CO₂ Konzentration der Atmosphäre, Mauna-Loa –Messung .
 Das untere Diagramm stellt eine Teilbereich-Vergrößerung des oberen dar.
 Quelle: <http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/co2/csiro/csiro-mlo.html>

Mauna Loa ist der größte aktive Vulkan der Erde, 4900 m ü. M. (Hawai Insel)
 Mauna Loa Observatory ist eine Sternwarte, Wetterstation, Institut für Wetterfor-
 schung (3400 m ü. M) und ist eine weltbekannte Institution der Atmosphärenfor-
 schung.

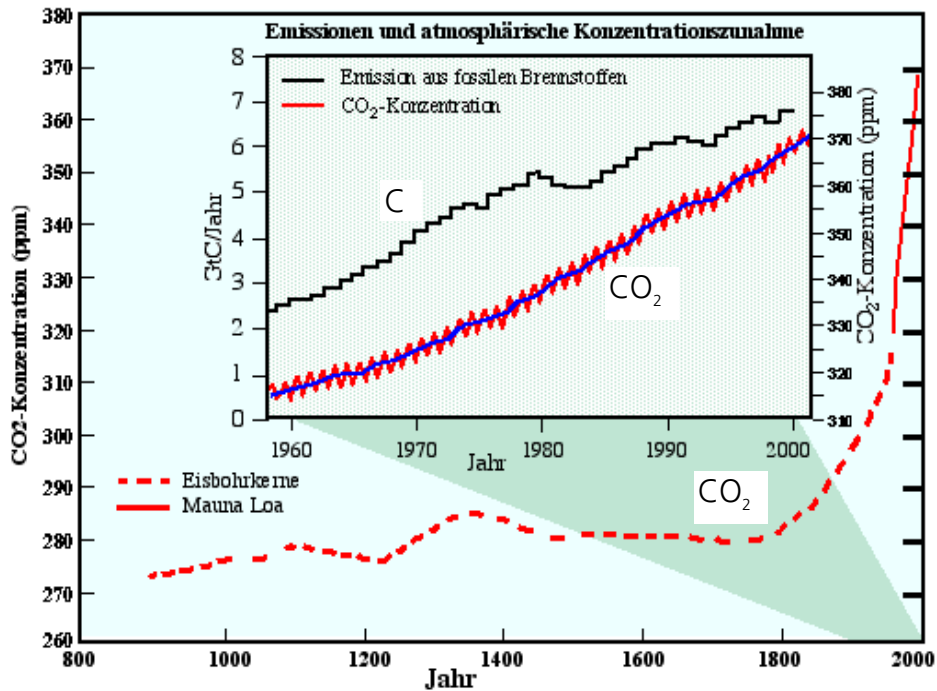
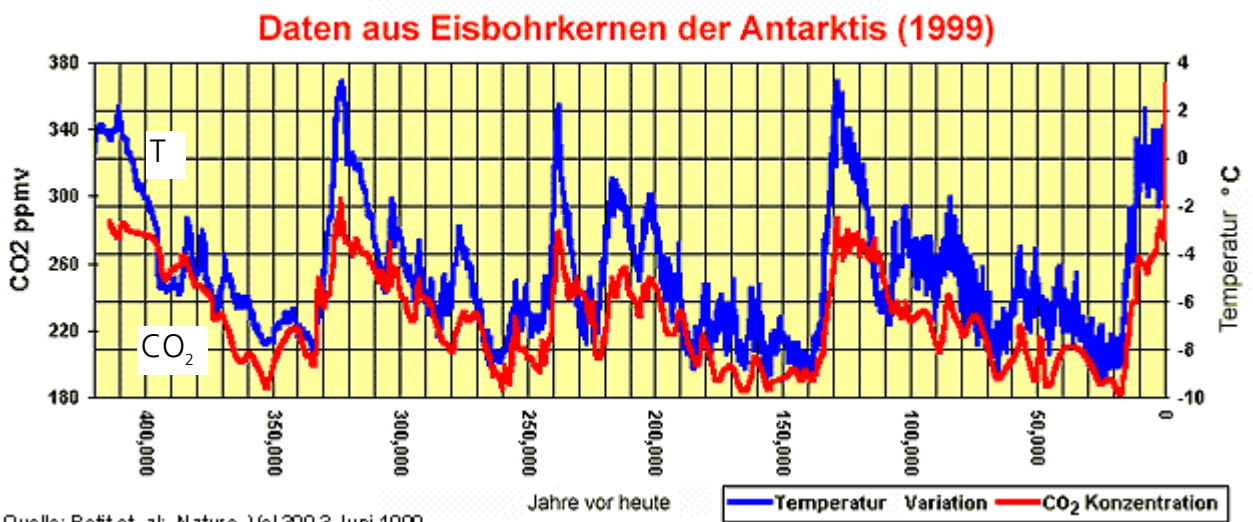


Abbildung 7: CO₂ Konzentration der Atmosphäre

Quelle: <http://www.hamburger-bildungsserver.de/welcome.phtml?unten=klima/infothek.htm>



Quelle: Petit et. al; Nature, Vol 399,3 Juni 1999

Abbildung 8: Natürliche Schwankungen der CO₂-Konzentration der Atmosphäre und der Lufttemperatur; Quelle: <http://www.egbeck.de/treibhaus/kb1.htm>

Das Diagramm in Abbildung 8 zeigt, dass CO₂- und Temperaturschwankungen natürlich sind und kein menschliches Zutun benötigen. Egbeck behauptet, dass die von der Sonnenstrahlung gesteuerte Temperaturschwankung die CO₂-Schwankung verursacht und nicht umgekehrt: Erhöhte Sonnenaktivität → Erwärmung der Erde → Desorption von CO₂ aus dem Ozean in die Atmosphäre. Egbeck streitet den anthropogenen Einfluss auf das Klima ab. Egbeck zitiert Petit et. al. (Siehe Abbildung 9), verfälscht aber gleichzeitig deren Aussage. Diagramm 8 kann wegen der Breite der Zeitachse den einmalig starken Anstieg der CO₂-Konzentration der letzten Jahrhunderte nicht darstellen. Dieser Anstieg ist in Abbildung 7 deutlich zu sehen.

1 – Feuerungen und Umwelt

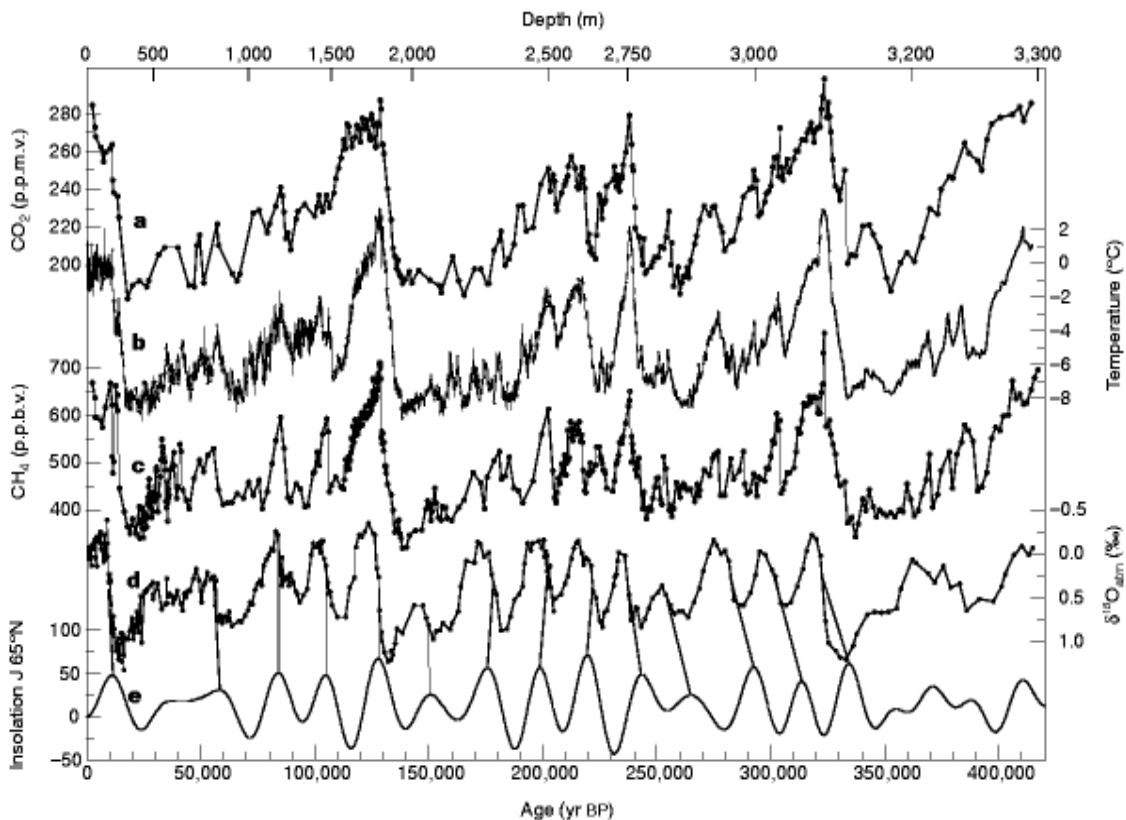
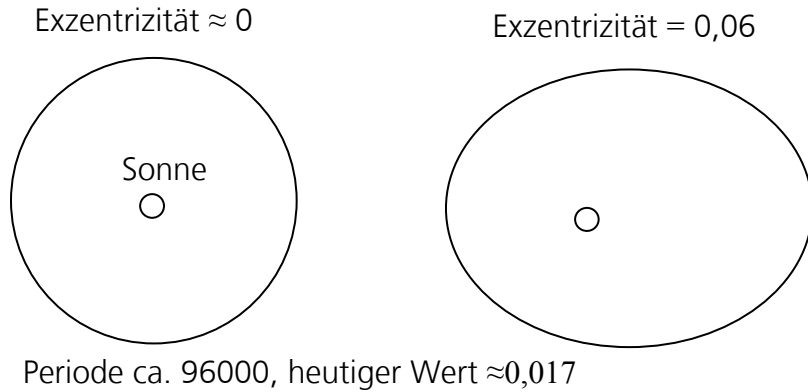


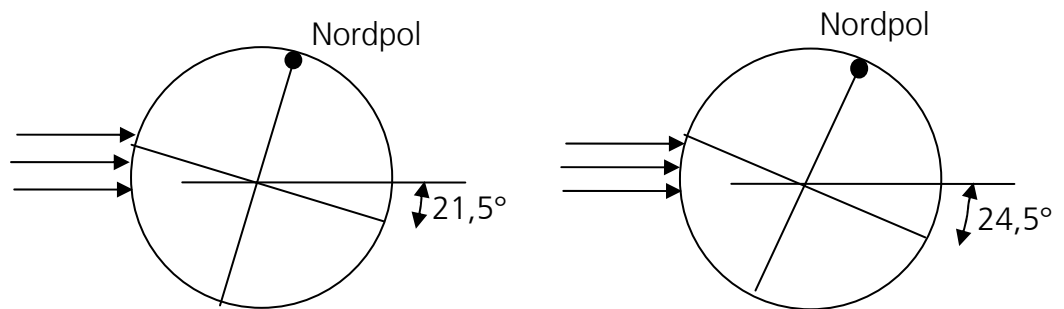
Abbildung 9: Natürliche Schwankungen einiger Treibhausgase und der Lufttemperatur der letzten 420000 Jahre. *Quelle: Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica; Nature 399, 429 - 436 (1999); J. R. PETIT*, J. JOUZELT, D. RAYNAUD*, N. I. BARKOV‡, J.-M. BARNOLA*, I. BASILE*, M. BENDERS‡, J. CHAPPELLAZ*, M. DAVIS^{||}, G. DELAYGUE†, M. DELMOTTE*, V. M. KOTLYAKOV¶, M. LEGRAND*, V. Y. LIPENKOV‡, C. LORIOUS*, L. PÉPIN**, C. RITZ*, E. SALTZMAN^{||} & M. STIEVENARD†*
http://www.nature.com/cgi-taf/DynaPage.taf?file=/nature/journal/v399/n6735/full/399429a0_fs.html

In Abbildung 9 zeigen die Autoren anhand der Analyse antarktischer Eiskernbohrungen **a**, die CO₂-Konzentration; **b**, die Lufttemperatur; **c**, die Methankonzentration; **d**, die δ¹⁸O_{atm}-Konzentration; und **e**, die Intensität der Sonnenstrahlung. Die Autokorrelation der Daten zeigt drei Perioden auf: 1) ca. 100000 Jahre, 2) ca. 40000 Jahre und ca. 20000 Jahre. Die längste dieser Perioden entspricht etwa der Länge einer Eiszeit. Am Ende der Eiszeit ist die Lufttemperatur am niedrigsten. Die „Aufwärmphase“ dauert ca. 5000 - 10000 Jahre. Zuerst findet die Aufwärmung auf der Süd-Hemisphäre statt, erst einige tausend Jahre später auf der Nord-Hemisphäre. Etwa 1000 Jahre nach der Aufwärmung steigt die Konzentration an Kohlendioxid und Methan. Die stärkste Korrelation mit der Sonnenstrahlung zeigt die δ¹⁸O_{atm}-Konzentration der Atmosphäre. Ein hoher δ¹⁸O_{atm}-Wert bedeutet warme trockene Sommer, ein niedriger Wert ist mit kalten nassen Sommern verbunden. Die letzten 4 Aufwärmphasen fanden vor 15-, 135-, 240- und 310-tausend Jahren statt. Dabei stieg die CO₂-Konzentration stets von ca. 180 ppm auf ca. 280 ppm, die CH₄-Konzentration von ca. 350 ppb auf ca. 700 ppb. Die gegenwärtige CO₂- (360 ppm) und CH₄-Konzentration (1700 ppb) sind deutlich höher als je zuvor in den letzten 420000 Jahren und verstärken nach Meinung der Autoren den Treibhauseffekt.

- 1) Schwankung der Exzentrizität der Erdbahn;
 Periode 96000 Jahre



- 2) Neigung der Erdachse zwischen $21,5^\circ$ und $24,5^\circ$,
 Periode ca. 42000 Jahre



- 3) Rotation der Erdachse $\alpha = 23,5^\circ$,
 Rotationsfrequenz ca. 21000 Jahre

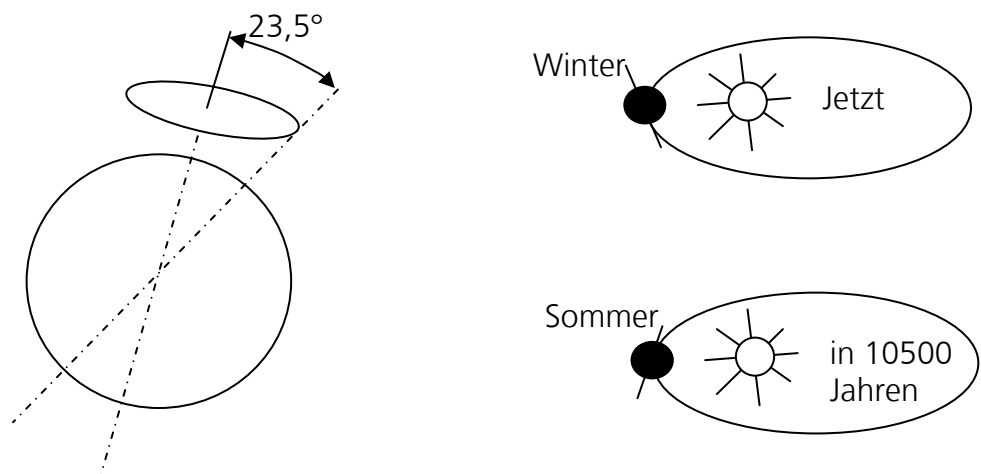


Abbildung 10: Die astronomische Erklärung der Intensitätsschwankung der Sonnenstrahlung (Kurve **e**) auf dem Breitengrad 65°N in Abbildung 9. Diese Schwankung betrifft lediglich den Intensitätsunterschied zwischen Winter und Sommer an einem gegebenen Punkt der Erde: Der Integralwert zwischen 90°S und 90°N (Pol zu Pol) ist stets konstant.

1 – Feuerungen und Umwelt

Aufgabe 6: Vergleichen Sie die Aussagen der Abbildungen 2, 3 und 4! Wie hoch ist die CO₂-Masse in der Atmosphäre, auf dem Land und in dem Ozean? Wie hoch sind die jährlichen Austauschmengen?

Aufgabe 7: Vergleichen Sie anhand Abbildung 3 die natürlichen und anthropogenen CO₂-Massenströme zwischen Atmosphäre und Land!

Aufgabe 8: Wie hoch ist der anthropogene Anteil der CO₂-Zufuhr in die Atmosphäre nach Abbildung 5?

Aufgabe 9: Warum ist die Zunahme der CO₂-Masse in der Atmosphäre geringer als die anthropogene CO₂-Zufuhr?

Aufgabe 10: Unter welchen Umständen könnte die Zunahme der CO₂-Masse in der Atmosphäre höher sein als die anthropogene CO₂-Zufuhr?

Aufgabe 11: Wie hoch ist die verbleibende CO₂-Zunahme der Atmosphäre im Vergleich zur Jahreszeitlich bedingten Zunahme in dem Zeitraum 1959 – 1963 laut Abbildung 6?

Aufgabe 12: Warum ist die Jahreszeitliche Zunahme in Abbildung 6 höher als die verbleibende Zunahme?

Aufgabe 13: Erklären Sie die jährlichen Schwankungen der CO₂-Konzentration der Atmosphäre in Abbildung 6!

Aufgabe 14: In Abbildung 8 zeigt Egbeck, dass bei den Klimasprüngen der letzten 400000 Jahre stets zuerst die Temperatur anstieg und erst danach die CO₂-Konzentration. Hieraus zieht Egbeck die Schlussfolgerung, dass der durch die Sonnenstrahlung verursachte Temperaturanstieg die CO₂-Konzentration ansteigen lässt. Zeigen Sie anhand der Diagramme 7, 9 und 11, dass Egbecks Behauptung falsch ist.

Die Abbildungen 11 bis 15 zeigen die Oberflächentemperatur der Erde in verschiedenen Zeiträumen: Die Erdoberflächentemperatur der letzten 200 Jahre ist in Abbildung 11, der letzten 180 Millionen Jahren in Abbildung 15 zu sehen. Die dazwischen liegenden Abbildungen präsentieren dazwischen liegende Zeitskalen.

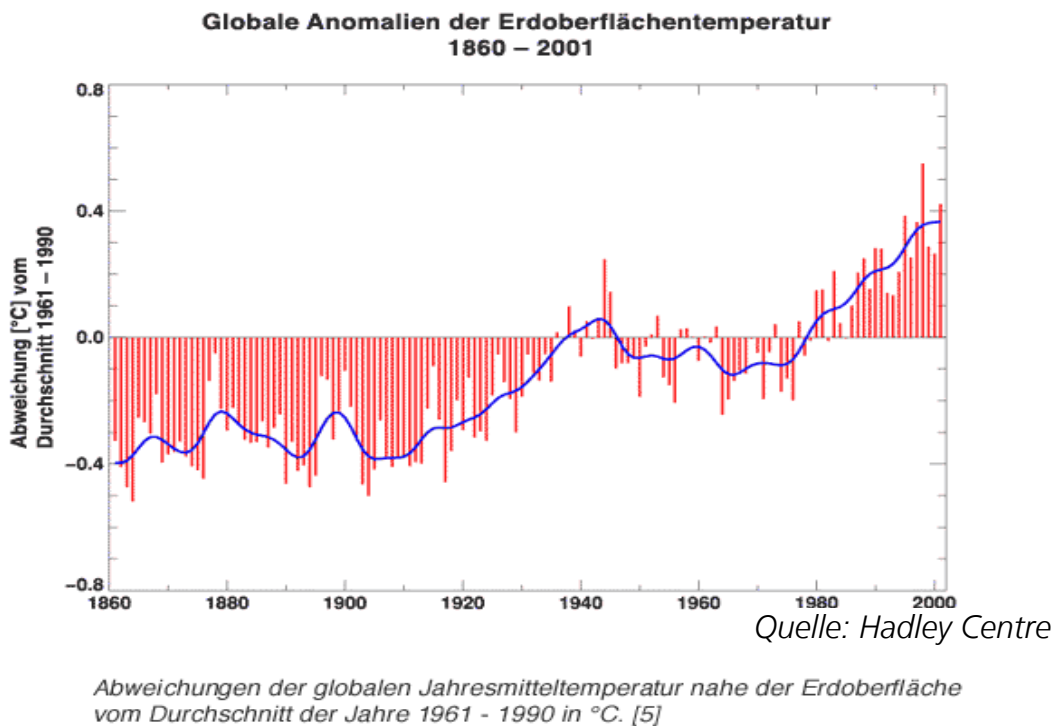


Abbildung 11: Globale Erdoberflächentemperatur der letzten 200 Jahre

Abbildung 11 zeigt, dass von geringfügigen Ausnahmen abgesehen, die Oberflächentemperatur der Erde seit 200 Jahren, d.h. seit Anfang der Industrierevolution, ständig zunimmt. Abbildung 7 zeigt im gleichen Zeitraum eine außergewöhnliche Zunahme der CO₂-Konzentration. Letztere gilt als mögliche Ursache für den Temperaturanstieg.

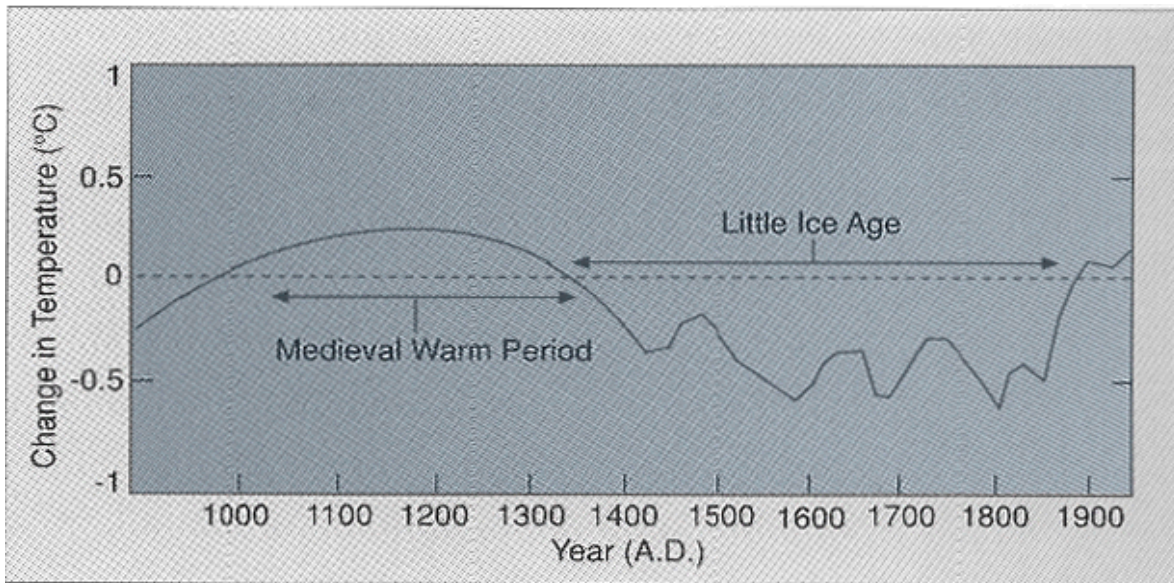


Abbildung 12: Globale Erdoberflächentemperatur der letzten 1000 Jahre
http://www.geocraft.com/WVFossils/ice_ages.html

Die in Abbildung 12 dargestellte „mittelalterliche Warmperiode“ endete mit der so genannten „kleinen Eiszeit“. Der wahrscheinliche Grund hierfür ist eine vorübergehende Reduzierung (oder zeitweiliger Ausfall) des Golfstromes.

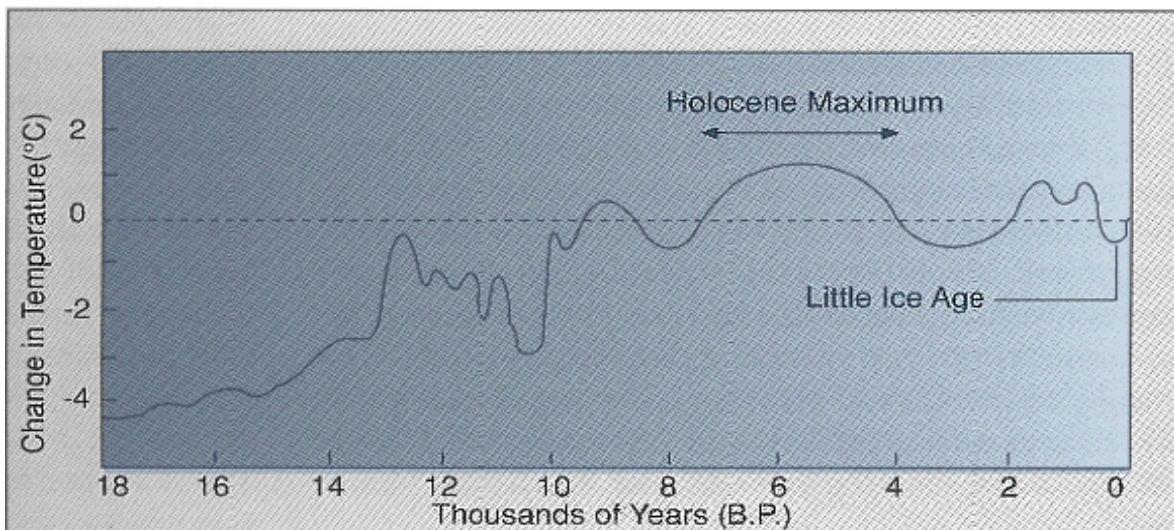


Abbildung 13: Globale Erdoberflächentemperatur der letzten 18000 Jahre

Die letzte Warmzeit (geologisch auch Zwischeneiszeit genannt) dauert seit ca. drei-zehntausend Jahren. Die Warmperiode ist durch mehrere kleinere Abkühlungen (kleinen Eiszeiten) unterbrochen, wie dargestellt in Abbildung 13.

1 – Feuerungen und Umwelt

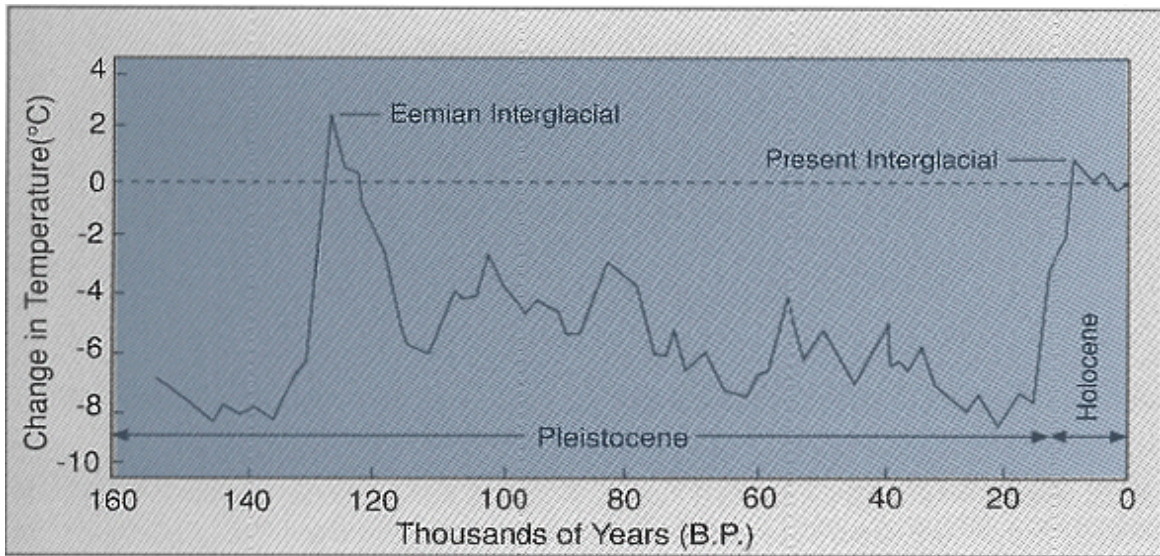


Abbildung 14: Globale Erdoberflächentemperatur der letzten 160 000 Jahre

Abbildung 14 zeigt die letzte Eiszeit vor der gegenwärtigen Warmzeit.

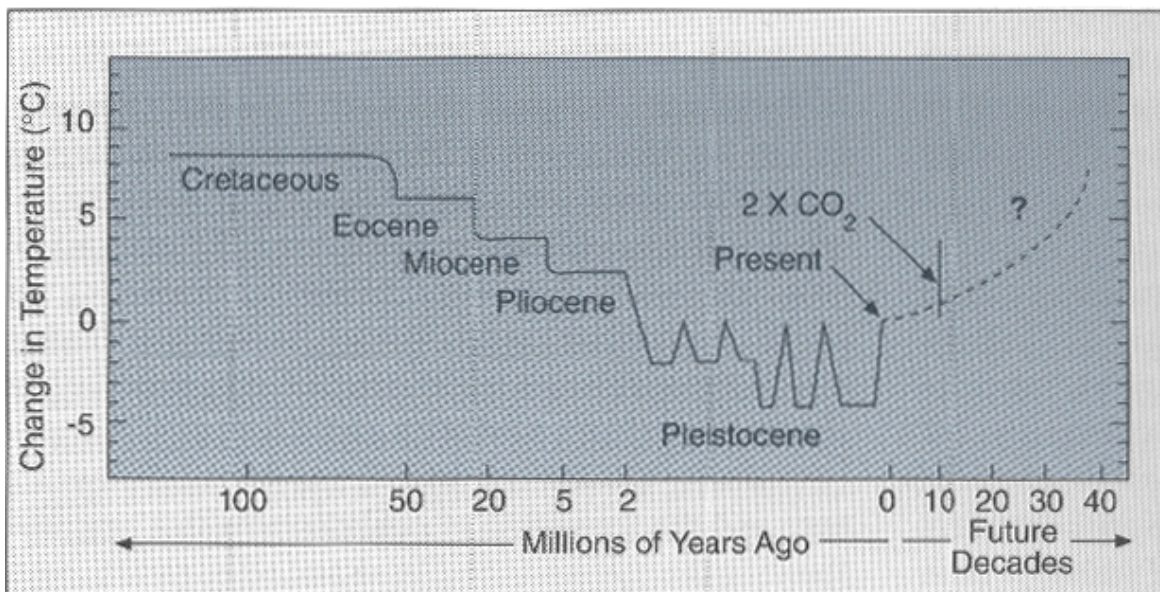


Abbildung 15: Globale Erdoberflächentemperatur der letzten 180 000 000 Jahre

Abbildung 15 zeigt die Temperaturentwicklung der Erde in den vergangenen ca. 200 Millionen Jahren im logarithmischen Maßstab. Der zeitliche Nullpunkt entspricht dem Jahr 1990. Rechts vor dem Nullpunkt ist eine Temperaturprognose für künftige 400 Jahre zu sehen. Von ganz wenigen Ausnahmen abgesehen sind die Klimaforscher einig, dass die künftigen Jahrzehnte (und möglicherweise Jahrhunderte) mit weiterem Temperaturanstieg verbunden sein werden.

Quelle zu den Abbildungen 12 – 15: Burkhard. *Global Warming*. New York, Chelsea House Publishers, 1992. http://www.chatham.edu/PTI/Pgh_Env_History/Real01.htm