

Kohlendioxid und Erderwärmung

F. K. Reinhart, Prof. em., Lausanne

Zusammenfassung

- Der Wärmerückhalt («Forcing») durch das atmosphärische Kohlendioxid (CO₂) verursacht auf Grund eines vereinfachten, von Klima unabhängigen Absorptionsmodells eine Temperaturerhöhung von höchstens 0.24 K (0.24°C) bei einer Verdoppelung der Konzentration von 400 ppm auf 800 ppm.
- Dieser Wert hängt nur von der akzeptierten mittleren Erdtemperatur, $T = 288$ K, ab und ist relativ unempfindlich gegenüber dessen Unsicherheit von ~ 2 K.
- Die Temperaturerhöhung seit der industriellen Revolution beträgt höchstens 0.12 K, was im Streubereich der Messgenauigkeit liegt. Der anthropogene Beitrag ist daher praktisch unbedeutend.
- Das Verhalten der eiszeitlichen und aktuellen Temperaturverläufe ist nicht ursächlich mit der Kohlendioxidkonzentration verbunden.
- Die Ursachen der Erderwärmung sind nicht geklärt. Sie sind aber höchst wahrscheinlich mit dem Sonnensystem und dem Wasserkreislauf verbunden.
- Massnahmen zur Kontrolle des CO₂-Ausstosses und der Erdtemperatur sind ungeeignete, sogar gefährliche Mittel.

Einleitung

Wenn von Klima die Rede ist, wird häufig vergessen, dass der Begriff Klima einen Sammelbegriff für lokale meteorologische Phänomene darstellt, die durch Temperatur, atmosphärischem Druck, Wind, Feuchtigkeit, Niederschläge, Sonnenschein (Dauer und Intensität) usw. charakterisiert sind. Die täglichen Variationen bezeichnen wir als Wetter, von dem jeder Beobachter aus Erfahrung weiss, dass es riesigen Schwankungen unterliegt, die selbst mit den heutigen Mitteln und Erfahrungen nicht mit Sicherheit vorhergesagt werden können. Der Grund dafür liegt in der beinahe banalen Feststellung, dass die Phänomene voneinander in nichtlinearer Weise abhängen und so ein sogenanntes chaotisches System bilden. Chaotische Systeme haben meist die Eigenschaft, dass sich stets wiederholende und/oder sich ähnelnde Zustände ergeben, die aber nie identisch sind. Jeder Wetterbeobachter kennt die Vielfalt der Wolkenformationen, die aber trotz Ähnlichkeiten und gemeinsamen Merkmalen stets verschieden sind. Es sollte daher nicht erstaunlich sein, dass die Mittelung der meteorologischen Daten über mehrere Jahre, die zur Beschreibung des Klimas notwendig ist, nicht gegen einen spezifischen Wert konvergiert, sondern um einen vom zeitlichen Mittelungsintervall abhängigen, aber nicht voraussagbaren Wert herumpendelt.¹ Daraus ist sofort ersichtlich, dass es kein konstantes oder ideales Klima, ob örtlich oder global, geben kann. Man redet von Klimawandel, wenn sich die Mittelwerte in eine eindeutig beobachtbare Richtung verschieben. Im gegenwärtigen Zeitpunkt werden die Temperaturbeobachtungen ins Zentrum gestellt, die seit Jahrzehnten eine unverkennbare Erhöhung der mittleren Temperaturen feststellen. Eine Aufgabe der Klimaforschung ist, diese Veränderungen eindeutig festzustellen und eine wissenschaftliche Erklärung des Sachverhalts zu finden. Dass dies besonders schwierig ist, zeigt sich am Verhalten der Alpengletscher, die seit rund 150 Jahren allgemeinen einen starken Schwund erleiden; aber es gibt Ausnahmen, die ein geringes Wachstum zeigen. Es ist somit vermessen, auf Grund des Verhaltens der Alpengletscher auf das Verhalten anderer Gletschermassen auf der Erde zu schliessen, ohne dies mit einem sicheren

¹ Edward N. Lorenz, J. Atmospheric Sciences **26**, 636-646 (1969).

Datennetz zu untermauern. Aber gerade hier hapert es gewaltig, denn präzise Wetterdaten, die als Grundlage dienen sollten, sind für eine Zeit von über 150 Jahren nur über einen sehr kleinen Teil der Erde verfügbar. Fehlende Daten durch Extrapolation oder «educated guesses» zu ersetzen, ist wissenschaftlich fragwürdig, ausser sie werden im Nachhinein experimentell bestätigt. Modelle zu erstellen, kann durchaus wertvoll für das Verständnis sein, sofern sie experimentell verifiziert werden können. Aber gerade in diesem Zusammenhang hat die gegenwärtige Klimaforschung versagt, denn ihre Resultate und Voraussagen sind effektiv nicht überprüfbar. Damit sollen aber die grossen Fortschritte in der Datenerfassung, deren Methodik und Präzision nicht geschmälert werden.

Der Modelanstoss des schwedischen Physikers, Arrhenius,² die Temperatur mit Kohlendioxid (CO₂) in Zusammenhang zu bringen, beruht darauf, dass starke Absorptionslinien im Bereiche der thermischen Erdstrahlung einen Beitrag zur Erderwärmung leisten sollten. Mit der Zunahme des fossilen Brennstoffverbrauchs wird sich der CO₂-Gehalt der Atmosphäre erhöhen und so zu einer Erderwärmung führen. Dieses Modell beruht auf getesteten, einfachen physikalischen Prinzipien, die unabhängig voneinander überprüft werden können.

Die Pionierleistung des Berner Professors Oeschger³ ermöglicht die unabhängige Bestimmung der CO₂-Konzentration der Atmosphäre über einige Hundert Jahre. Zusammen mit neuartigen radiometrischen Methoden ist eine Zeitspannenerweiterung auf Millionen von Jahren gelungen. Eine direkte Korrelation zwischen gemessener Temperatur und CO₂-Gehalt der Atmosphäre genügt aber leider nicht als Beweis der Ursächlichkeit. Drei Beobachtungen, die unserer Meinung nach nicht genügend beachtet wurden, sind von grosser Wichtigkeit. (i) Seit der industriellen Revolution gibt es trotz des Anstiegs der CO₂-Konzentration eindeutig feststellbare Zeitbereiche, in denen die Temperaturmittelwerte abnehmen und später wieder zunehmen.⁴ In den 1960er Jahren haben Klimatologen auf Grund eines solchen Trends sogar eine drohende Eiszeit prognostiziert. (ii) Rörsch und Ziegler⁵ zeigen, dass die eiszeitlichen CO₂-Konzentrationserhöhungen den entsprechenden Temperaturerhöhungen hinten nachhinken oder – anders ausgedrückt – zuerst kam die Wärmephase und dann erst die CO₂-Erhöhung. Diese Beobachtung schliesst CO₂ als Ursache aus, weil die Ozeane ein riesiges CO₂- und Wärmereservoir darstellen, das bei höheren Temperaturen weniger CO₂ aufnehmen kann. (iii) Schwankungen der Sonnenbestrahlung, besonders im Zusammenhang mit der Sonnenfleckenätätigkeit, aber auch der Erdbahn und Erdachse geben Anlass zu natürlich verursachten Strahlungsvariationen, die sich in Temperaturänderungen manifestieren müssen. Vorausgesetzt, dass die Temperaturdatensätze genügend präzise sind, können die Daten mit Hilfe einer Fourier Analyse analysiert und die charakteristischen Schwankungsperioden bestimmt werden. Lüdecke et al. vom Europäischen Institut für Klima und Energie (EIKE)⁶ haben kürzlich daraufhin gewiesen, dass die Korrelation des Temperaturverlaufs zwischen gemessener und analytischer Analyse besser ist als die Annahme einer CO₂-Abhängigkeit. Diese drei einfachen Beobachtungen sollten also genügen, um die vom IPCC vertretenen Thesen zum Weltklima kritisch zu hinterfragen – ja sie sogar als falsch zu bezeichnen. In der Wissenschaft genügt ein solider, begründeter Widerspruch zwischen Messung und Theorie, um die theoretische These zu eliminieren. Die Datenlage beinhaltet aber eine gewisse Unsicherheit, wie oben erwähnt. So sind wir gefragt, diesem Umstand Rechnung zu tragen und weitere Widersprüche zwischen Theorie und Realität zu finden, was wir weiter unten darlegen wollen.

Physikalisches Modell

Arrhenius' These basiert im Grunde auf soliden physikalischen und überprüfbaren Grundlagen. Daher sollte sie auf quantitativer Basis, unabhängig von jeglichen Klimabetrachtungen, analysiert werden. Wieviel Wärme

² S. Arrhenius, Phil. Mag. S., **31**, 8 (1896).

³ B. Stauffer, H. Hofer, H. Oeschger, H. Schwander and J. Siegenthaler, Ann. Glaciol. **5**, 160-164 (1984).

⁴ IPCC 5th Assessment Report.

⁵ A. Rörsch and P. A. Ziegler, Energy and Environment, **24**, 551-559 (2013).

⁶ H.-J. Lüdecke und C. O. Weiss: <http://www.eike-klima-energie.eu/2017/08/05/drei-natuerliche-zyklen-bestimmen-die-erdtemperatur-der-letzten-2000-jahre/>

wird durch das atmosphärische CO₂ zurückgehalten, damit eine Erderwärmung bewerkstelligt werden kann? Auf Grund der obigen Feststellungen wird es eine Frage der absoluten Grösse dieses Wärmerückhalts sein, ob die CO₂-These zurückgewiesen werden muss. Dieses Problem kann leider nicht streng gelöst werden, weil die Atmosphäre, die Ozeane und die feste Erde zusammen mit Sonne und Mond ein äusserst kompliziertes offenes thermodynamisches System bilden. Wie bereits oben erwähnt, spielt Wasser in Form von Wolken aus Wasserdampf, Wassertropfen sowie Schnee und/oder Eis eine wichtige Rolle. Die entsprechenden Absorptionslinien, Absorptionsbanden, Streuung und Reflektion der Sonnenstrahlung beeinflussen auch die thermische Erdstrahlung wesentlich. Die Wolkenbildung hängt auch von der kosmischen Strahlung und vom Vorhandensein von Feinstaub ab, also von Phänomenen, die nicht einfach beschrieben und quantifiziert werden können. Insgesamt sollte es also klar sein, dass Wasser in seinen Aggregatsformen enorm klimawirksam ist und es daher wenig Sinn macht, von Strahlungs- respektive Energiebilanzen auszugehen.

Die CO₂-Situation ist wesentlich einfacher als diejenige von Wasser, da es praktisch nur als chemisch stabiles Gas mit einer äusserst geringen Dichte und approximativ bekanntem Partialdruck in der Atmosphäre existiert. Obwohl Kohlendioxid im Wasser löslich ist und mit Wasser reagiert, dürfen wir annehmen, dass nur ein äusserst geringer Anteil des atmosphärischen CO₂ in Form von Kohlensäure oder von Ionen der Typen (CO₃)⁻² und (HCO₃)⁻¹ existiert. Die Wechselwirkung des CO₂ mit den dominanten Gasen, N₂, O₂ und Ar, die kaum IR aktiv sind, reduziert sich im wesentlichen auf Stösse.

Die Energiezustände, Oszillatorstärken und Linienbreiten in Abhängigkeit von Temperatur und Druck des CO₂ sind mittels genauer experimenteller und theoretischer Studien im Rahmen des HITRAN⁷ untersucht und publiziert worden. Für die Berechnung der Absorption ist es von grösster Wichtigkeit, die Besetzungswahrscheinlichkeiten der Energiezustände einzubeziehen. Eine Absorption ist nur möglich, wenn das tiefere Energieniveau besetzt und das höhere nicht besetzt ist.⁸ Im Bereich der Troposphäre, wo die stärkste IR-Absorption stattfindet, wird die Energie eines CO₂-Moleküls durch Stösse an die Luftmoleküle in Form von Wärme abgegeben. In der Stratosphäre und in noch höheren Luftschichten werden die Stösse sehr selten, so dass ein Molekül seine absorbierte Energie als IR-Strahlung in irgendeiner Richtung abgeben wird oder seine Temperatur erhöht. Wenn wir nun annehmen, dass jeder Absorptionsprozess zur Erwärmung der Umgebung führt, erreichen wir eine starke Vereinfachung bei gleichzeitiger Überschätzung der Wärmebildung. Eine weitere Vereinfachung erreichen wir durch die Annahme, dass die Erdoberfläche die Eigenschaft eines schwarzen Strahlers einer gemittelten Erdtemperatur hat. Ein schwarzer Strahler hat bei gleicher Temperatur eine grössere Emissivität als die reale Erdoberfläche. Dadurch wird die Wärmewirkung der CO₂-Absorption nochmals überschätzt. Wir nehmen weiter an, dass die Temperatur der Atmosphäre homogen und gleich der mittleren Erdoberflächentemperatur, T, sei. Diese Annahme deckt sich natürlich nicht mit der Realität, da die Temperatur der Atmosphäre zuerst stark mit der Höhe über der Erdoberfläche abnimmt, um dann bei noch grösseren Höhen wieder zuzunehmen. Aber auch diese Annahme führt zu einer Überschätzung der CO₂-Absorption. Unser Absorptionsmodell hängt damit nur von bekannten, vom Klima unabhängigen Daten und T ab.

Auf Grund der getroffenen Vereinfachungen wird also der berechnete Wärmerückhalt, F(c), (in der Literatur auch Forcing genannt) mit Sicherheit systematisch überschätzt. Die Gesamtstrahlung pro Flächeneinheit und pro Steradian, S, eines schwarzen Körpers der absoluten Temperatur, T, berechnet sich gemäss des Stefan-Boltzmann Gesetzes als $S = \sigma_s T^4$, wobei $\sigma_s = 5.670367 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} / \text{ Steradian}$ die Stefan-Boltzmann Konstante ist. Durch Differenzierung des Stefan-Boltzmann Gesetzes erhalten wir die Temperaturerhöhung, $\Delta T(c)$, mit $\Delta S = F(c)$.

$$\Delta T(c) = T F(c) / (4 S). \tag{1}$$

⁷ <http://www.cfa.harvard.edu/hitran/> and L.S. Rothman et al. J. Quant. Spect. and Rad. Transfer **110**, 533-572 (2009). We use the CDSD-296 databank. The 2012 HITRAN version complements the near infrared data that is of no concern for this study.

⁸ Gerhard Herzberg, "Molecular Spectra and Molecular Structure: II, Infrared and Raman Spectra of Polyatomic Molecules", Van Nostrand Reinhold, New York, 1945.

Dank der vereinfachenden Annahmen sind $F(c)$ und $\Delta T(c)$ mit Sicherheit obere Grenzwerte, die nicht überschritten werden können. Der aktuelle Wert der mittleren Erdoberflächentemperatur von $T = 288 \text{ K}$ wurde mit Satelliten bestimmt. Er beinhaltet die Temperaturerhöhung durch die gegenwärtige CO_2 -Konzentration von $c = 400 \text{ ppm}$. Ausgehend von diesen aktuellen Werten ist es sinnvoll, die Änderungen auf $c = 400 \text{ ppm}$ zu reduzieren. Demgemäss setzen wir:

$$\Delta F_{\max} = F(c) - F(400 \text{ ppm}), \quad (2)$$

und

$$\Delta T_{\max} = T [F(c) - F(400 \text{ ppm})] / (4 S). \quad (3)$$

Damit diese Berechnungen glaubhaft sind, müssen alle bekannten Energiezustände der stabilen Isotopenseerien einbezogen werden. Das für die Summation gewählte Wellenlängenintervall geht von $2.9 \mu\text{m}$ bis zu $29 \mu\text{m}$ und umfasst mehr als 200'000 Absorptionslinien. Dieser Bereich deckt 87 % der gesamten IR-Strahlung der Erde ab. Im Wellenlängenbereich von $29 \mu\text{m}$ bis 29 m befinden sich nur 13 % der gesamten IR-Erdstrahlung, wo es nur wenige sehr schwache CO_2 -Absorptionslinien gibt. Dieser Bereich wird hauptsächlich von den Wasserphasen absorbiert. Diese Daten beziehen sich auf die – wie erwähnt – aus Satelliten gewonnenen mittleren Erdoberflächentemperatur von $T = 288 \text{ K}$. Wir unterstreichen hier, dass diese Temperatur eine reine Rechengrösse darstellt, die in der Antarktis und Arktis als Mittelwert praktisch nie erreicht wird. Eine allfällige, angenommene Unsicherheit von 2 K von T beeinflusst die gesamte IR-Strahlung mit weniger als 3 %. Dies hat zur Folge, dass die berechneten Obergrenzen von ΔF_{\max} und ΔT_{\max} nur eine kleine Unsicherheit von etwa derselben prozentualen Grösse beinhalten. Details der Berechnungen sind im Internet unter EIKE publiziert.⁹

Resultat und Diskussion

Ausgehend von der bekannten mittleren Erdtemperatur von 288 K berechnen wir den Wärmerückhalt für verschiedene CO_2 -Konzentrationen, deren Werte auf Meeresebene mit c angegeben sind. Die Dichte variiert gemäss der barometrischen Höhenformel. Bei der aktuellen Konzentration von 400 ppm entspricht der gerechnete Wärmerückhalt genau der oberen Grenze, die gemäss der obigen Diskussion nicht überschritten werden kann. Die Resultate für andere Konzentrationen sind als Perturbationswerte zu verstehen, weil wir hier nicht von einer bekannten Temperatur ausgehen können. Dies ist aber von geringem Belang, weil die gerechneten Temperaturerhöhungen in nachfolgender Tabelle innerhalb der Unsicherheit von $+ 2 \text{ K}$ liegen. Dies ist aus der Tabelle ersichtlich, die die oberen Grenzen der Wärmerückhalte, ΔF_{\max} , und Temperaturerhöhungen, ΔT_{\max} , als Funktionen der CO_2 -Konzentration angibt. Im Bereich der angegebenen c stellen wir eine logarithmische Abhängigkeit von c fest, die weitaus geringer ausfällt als diejenige der IPCC Publikationen.¹⁰

$$\Delta F_{\max} / (\text{Wm}^{-2}) = 1.881 \log_e (c / 400), \quad (4)$$

und

$$\Delta T_{\max} / \text{K} = 0.347 \log_e (c / 400). \quad (5)$$

Diese funktionale Abhängigkeit ist eine sehr gute Näherung. Sie ist die Folge der vielen schwachen Linien, die nur bei hohen c -Werten eine Rolle spielen können. Die starken Linien resultieren rasch in einer vollständigen Absorption. Anders ausgedrückt: die Länge eines IR-Strahls wird verkürzt; oder auch: die Absorption findet in erdnahen Schichten statt. By extrem tiefen c -Werten geht die logarithmische in eine lineare Konzentrationsabhängigkeit über. Eine Extrapolation der Gleichungen (4) und (5) auf $c = 0$ ist daher unzulässig.

⁹ F. K. Reinhart: https://www.eike-klima-energie.eu/wp-content/uploads/2016/07/Infrared_absorption_capability_of_atmospheric_carbon_dioxide.pdf.

¹⁰ IPCC 5th Assessment Report.

c / ppm	400	800	2000	4000
$F_c / (Wm^{-2})$	5.600	6.900	8.595	9.943
$\Delta F_{max} / (Wm^{-2})$	0	1.300	2.995	4.342
$\Delta T_{max} / K$	0	0.240	0.553	0.802
B1 %	97.61	97.17	96.73	96.49
B2 %	2.39	2.83	3.27	3.51

Tabelle

Maximaler Wärmerückhalt des Absorptionsmodells berechnet für $T = 288\text{ K}$ für verschiedene c -Werte. Der Beitrag der gegenwertigen Konzentration von $c = 400\text{ ppm}$ ist in der gegenwärtigen mittleren Erdtemperatur inbegriffen.

Die Zeilen B1% und B2% der Tabelle geben die relativen Beiträge zur Summe des Wärmerückhalts für die respektiven Wellenlängenintervalle von $29\text{ }\mu\text{m} > \lambda > 13.8\text{ }\mu\text{m}$ und $13.8\text{ }\mu\text{m} > \lambda > 2.9\text{ }\mu\text{m}$ an. Es ist klar ersichtlich, dass zunehmende c -Werte die relativen Beiträge im langen Wellenlängenbereich B1 abnehmen lassen. Das Gegenteil ist der Fall für den kurzwelligen Bereich B2. Der Grund hierfür liegt darin, dass die stärkeren Absorptionslinien im Bereich B1 liegen und so die Absorption rascher vollständig ist als in B2, wo die schwachen Linien dominieren.

Die Temperaturerhöhung seit der vorindustriellen Zeit mit einer Konzentration von 280 ppm entnehmen wir der Gleichung (5). Demnach war die Temperatur dank der geringeren CO_2 -Konzentration höchstens 0.12 K geringer als heute. Dieser sehr niedrige Wert liegt im Streubereich der Messgenauigkeit. Die drei in der Einleitung erwähnten Einwände, i) – iii), sind durch diese Resultate bestätigt. Der direkte Beitrag zur Temperaturerhöhung ist offensichtlich marginal. Die Tabelle belegt eine unbedeutende Erhöhung von 0.8 K bei einer zehnfachen Konzentrationserhöhung gegenüber der heutigen. Der sogenannte anthropogene Beitrag zu c ist von sehr geringer Grösse um rund 1.2 % pro Jahr. Um einen anthropogenen, mittleren Erdtemperaturanstieg von 1 K zu erreichen, bräuchten wir etwa 240 Jahre! Somit ist es eindeutig, CO_2 kann nicht "der Hauptschuldige" an der beobachteten Erdtemperaturerhöhung sein. Die direkte Korrelation seit der industriellen Revolution unter Observation (i) der Einleitung hat daher keine physikalische Bedeutung, weil sie viel zu grosse Temperaturerhöhungen ergibt verglichen mit dieser kausalen Berechnung. Überdies ist eine einfache Korrelation nicht adäquat, um die beobachteten Temperaturrückgänge zu erklären. Die Bemerkung zur paläontologischen Untersuchung (ii) steht wegen der Zeitverschiebung im grundsätzlichen Widerspruch zwischen Ursache und Wirkung (zuerst Temperaturerhöhung und erst nachher CO_2 -Zunahme). Die Fourier Analyse unter (iii) ermöglicht die beobachteten Variationen der Sonnen- und der kosmischen Strahlung einzubeziehen und zu quantifizieren. Diese Methode erlaubt, die Abhängigkeit der gemessenen Variationen im Verlaufe der Zeit zu analysieren. Sie könnte aber nur quantitativ genutzt werden, wenn der Einfluss des Wassers mit allen seinen Phasen geklärt wäre. Dazu gehört insbesondere auch die Wolkenbildung, die von Kondensationskernen abhängt. Diese wiederum, sind mit der kosmischen Strahlung, dem magnetischen Erdfeld aber auch mit feinstaubartigen Partikeln verknüpft. Es erscheint uns unumgänglich, dass diese Wissenslücken geschlossen werden müssen.

Im Rahmen der Klimadiskussion wird häufig behauptet, dass eine «statische» Berechnung wie die vorliegende ungenügend sei. Dem ist entgegenzuhalten, dass in der Regel eine Störung eine gewisse Grösse haben muss, um etwas zu bewirken – es sei denn, das fragliche System sei à priori instabil. Die Erfahrung zeigt jedoch, dass das Klima zwar stets variiert, aber trotzdem relativ stabil ist. Dies ist im Gegensatz zu Wetterphänomenen, die starke Instabilitäten aufweisen. Der Einfluss einer Störung kann in einem System, das Rückkoppelung aufweist, verstärkt oder abgeschwächt werden oder gar zu Kippeffekten führen. So kann man sich leicht vorstellen, dass eine kleine Temperaturerhöhung zu einer erhöhten Wasserdampfdichte in der Atmosphäre führt und dadurch die Wärmeabstrahlung verringert wird, was eine weitere Erwärmung verursacht. Ein solche Rückkoppelung könnte rasch eine Katastrophe verursachen. Aber die Wolkenbildung reduziert die Sonneneinstrahlung und ermöglicht somit eine Abkühlung. Da wir die komplexe thermodynamische Maschine der Erdatmosphäre nicht beherrschen, bleibt nur eine Parametrisierung der Phänomene machbar. Damit kann man an beliebigen

«Schräubchen» drehen und alles modellieren, so wie man es sich vorstellt oder gar wünscht. Lindzen¹¹ versuchte, Rückkoppelungseffekte experimentell zu identifizieren. Er kam aber zum vorläufigen Schluss, dass eher eine Tendenz zu netto negativer Rückkoppelung, also Stabilitätsverbesserung, vorliegt. Damit wird die wirkliche Temperaturzunahme weiter verringert.

Schlussbemerkung

Wir haben die obere Grenze des Wärmerückhalts für Kohlendioxid für verschiedene Konzentrationswerte und die zugehörigen Temperaturerhöhungen berechnet. Kohlendioxid ist ein sehr schwaches Treibhausgas. Auf Grund der aktuellen Konzentration von 400 ppm und der akzeptierten mittleren Erdoberflächentemperatur von 288 K ergibt sich eine äusserst geringe Temperaturerhöhung seit dem Beginn des industriellen Zeitalters von nur 0.12 K (oder 0.12°C). Selbst eine Verzehnfachung der aktuellen Konzentration auf 4000 ppm (0.4 %) hätte nur eine Temperaturerhöhung von < 0.8 K zur Folge. Dieser Wert liegt unter dem im COP 21 ausgehandelten Wert einer maximal zulässigen Erhöhung von 1 K. Diese Analyse zeigt auch, dass die vom IPCC behauptete und regelrecht "propagierte" direkte Korrelation zwischen Temperaturerhöhung und CO₂-Konzentration der Atmosphäre auf keiner physikalischen Grundlage beruhen kann, da sie viel zu hohe Werte liefert. Beobachtete Zeitintervalle mit Abkühlung sind mit einer direkten Korrelation nicht vereinbar. Die Analysen der Eiszeit haben schon vor langer Zeit auf die Unvereinbarkeit einer direkten Korrelation zwischen Temperatur und CO₂-Konzentration hingewiesen, weil Dank der Ozeane die Temperaturerhöhung die Ursache der Konzentrationszunahme ist und nicht umgekehrt.¹²

Es ist dringend, dass nach den tatsächlich bedeutsamen Ursachen der Klimaänderung geforscht wird. Der Ansatz zur vertieften Erforschung von Strahlungsvariationen im Sonne-Erde-Mond System, zusammen mit Kondensationskeimen der Wolkenbildung, könnte in der Tat neue Wege aufzeichnen. Lösungsansätze die auf der Basis von Energie- und CO₂-Bilanzen ausgehen, sind dagegen zum Vornherein ungeeignet, weil die meisten benötigten Daten nicht bekannt sind oder nicht genügend genau ermittelt werden können. Dies gilt ins besondere für den Wasserkreislauf, der den Albedo weitgehend beeinflusst.

Auf Grund der vorliegenden Analyse besteht kein Bedarf mit politischen, finanziellen oder gar physikalischen Mitteln den gegenwärtigen CO₂-Kreislauf beeinflussen zu wollen. Die beobachtete Temperaturerhöhung mit technischen und/oder chemischen Mitteln zu bekämpfen, ist ein gefährliches, geradezu "faustisches" Unternehmen, von dem endgültig Abstand genommen werden sollte. Die Gefährlichkeit des übermässigen Einsatzes von fossilen Brennstoffen liegt nicht im CO₂-Ausstoss, sondern in deren Verunreinigungen und Verbrennungsprodukten.

¹¹ R. S. Lindzen and Y.-S. Choi, *Geophys. Res. Letters*, **36**, L16705, (2009), doi: 10.1029/2009GL039628.

¹² H.Fischer, M. Wahlen, J. Smith, and B. Deck, *Science* **283**, 1712-1714 (1999), doi: 10.1126/science.283.5408.1712