
Ein
Wissenschaftlicher Begleiter
zum
‘Skeptiker-Handbuch’

Der Nachweis, dass der **Mensch**
die **Erderwärmung** verursacht



Danksagungen

Dank an die folgenden Wissenschaftler, die zu diesem Dokument beigetragen und Anregungen gegeben haben:

- John Bruno
Associate Professor of Marine Ecology, University of North Carolina
- Ove Hoegh-Guldberg
Foundation Professor and Director of the Centre for Marine Studies, University of Queensland
- Steven Sherwood
Professor, Physical Meteorology and Atmospheric Climate Dynamics, University of NSW
- Kevin Judd
Professor, School of Mathematics and Statistics, University of WA
- Malcolm McCulloch
Professor, School of Earth Sciences, University of WA
- Thomas Stemler
Assistant Professor, School of Mathematics and Statistics, University of WA
- Julie Trotter
Assistant Professor, School of Earth Sciences, University of WA

Literatur

Alexander, L. V., et al (2006). Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *Journal of Geophysical Research - Atmospheres*, 111(D5).

Harries, J. E., et al (2001). Increases in greenhouse forcing inferred from the outgoing longwave radiation spectra of the Earth in 1970 and 1997. *Nature*, 410, 355-357.

Sherwood, S. C., et al, (2008). Robust tropospheric warming revealed by iteratively homogenized radiosonde data. *J. Climate*, 21, 5336–5350.

Wang, K., Liang, S., (2009). Global atmospheric downward longwave radiation over land surface under all-sky conditions from 1973 to 2008. *Journal of Geophysical Research*, 114 (D19).

Ein Wissenschaftlicher Begleiter zum ‘Skeptiker-Handbuch’ ist eine Erwiderung auf “Das Skeptiker-Handbuch”, erhältlich unter <http://joannenova.com.au/global-warming/>

Welche Beweise gibt es, dass CO₂ die globale Erwärmung verursacht?

Skeptiker bezweifeln oft, dass der Mensch die Erderwärmung verursacht, mit Fragen wie:

1. Gibt es eine Signatur für den Treibhauseffekt?
2. Folgte nicht in der Vergangenheit die CO₂-Konzentration dem Temperaturanstieg?
3. Erwärmt sich die Erde?
4. Ist der CO₂-Effekt gesättigt?

Eine Untersuchung dieser Fragen liefert die Antwort auf die erste Frage - die Beweise dafür, dass CO₂ die globale Erwärmung verursacht.

Es gibt mehrere Beweisketten, die alle auf die gleiche Antwort deuten - dass der Mensch die Erderwärmung verursacht

Der Menschliche Fingerabdruck beim Klimawandel

Wenn wir alle Ergebnisse betrachten, ergibt sich ein klares und stimmiges Bild:

- Menschen geben jedes Jahr **Milliarden Tonnen CO₂** in die Luft ab
- Die Menge des CO₂ in der Atmosphäre hat sich **verglichen mit vorindustriellen Konzentrationen um 40% erhöht**
- Der **verstärkte Treibhauseffekt** wurde durch eine Vielzahl von unabhängigen Messungen **direkt beobachtet**

Auf den nächsten Seiten betrachten wir die vielfältigen Beweisketten, die alle auf eine einheitliche Antwort - dass von Menschen erzeugtes CO₂ die globale Erwärmung verursacht - hinweisen.

Die Ermittlung der Treibhausgas-Signatur

Der Treibhauseffekt hinterlässt eine eindeutige Signatur in der Atmosphäre. Treibhausgase verhindern, dass Wärme die obere Atmosphäre erreicht. Daher erwarten wir eine Erwärmung der unteren Atmosphäre (Troposphäre) und Abkühlung in der oberen Atmosphäre (Stratosphäre). Dies ist genau das, was wir beobachten.



Klimamodelle sagen einen Hotspot ca. 10 km über den Tropen voraus. Dieser wurde mit den neuesten von Wetterballons gesammelten Daten bestätigt. Ein häufiges Missverständnis ist, dass der Hotspot eine Signatur des Treibhauseffekts ist - das ist falsch. Er entsteht aufgrund von Veränderungen im **feuchten adiabatischen Temperaturgefälle**.

Ein häufiges Missverständnis ist, dass der Hotspot eine Signatur des Treibhauseffekts ist - das ist falsch.

Die Atmosphäre wird nach oben hin kälter. Sobald es kalt genug für Wasserdampf ist zu kondensieren, wird Wärme freigesetzt. Diese gleicht teilweise die Abkühlgeschwindigkeit aus. In den Tropen, wo die Luft feucht ist, wird mehr Wärme freigesetzt. Der Hotspot ist somit das Ergebnis jeder Oberflächenerwärmung, und tritt nicht nur beim Treibhauseffekt auf.

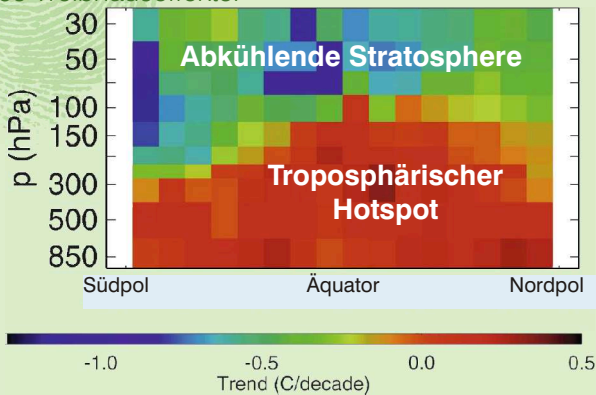
Wir messen die Temperatur der Atmosphäre mit Hilfe von Satelliten und Wetterballons. Verschiedene Faktoren beeinflussen diese Messungen, wie z.B. Aufheizung des Ballons im Sonnenlicht. Sobald diese Effekte berücksichtigt werden, finden die Wetterballondaten einen Hotspot über den Tropen.

Messungen von Wind-Trends bestätigen den Hotspot. Da eine direkte Beziehung zwischen Temperatur und Windscherung besteht, haben wir somit einen unabhängigen Weg zur Berechnung von Temperaturentrends zur Verfügung. Diese Methode findet erhöhte Erwärmung über den Tropen, so wie wir es erwarten.

Die Treibhauseffekt-Signatur, eine Erwärmung der Troposphäre und Abkühlung der Stratosphäre, ist genau das, was wir beobachten.

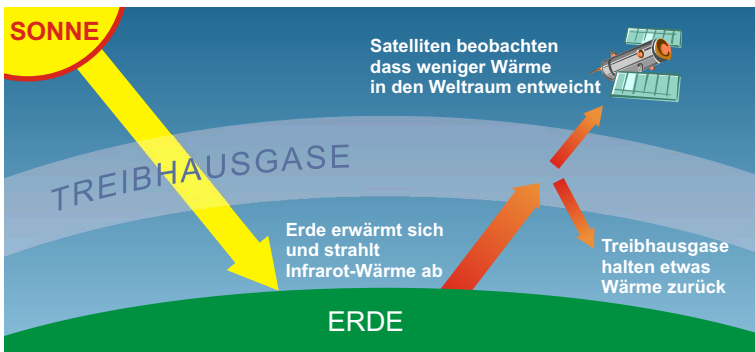
Menschlicher Fingerabdruck #1 Abkühlende Stratosphäre

Satelliten und Wetterballons finden sowohl Erwärmung in der Troposphäre und Abkühlung in der Stratosphäre: eine eindeutige Signatur des Treibhauseffekts.



Die Beweise, dass CO₂ Erwärmung verursacht

Kohlendioxid hält Wärme zurück. Dies bestätigen direkte Messungen durch Satelliten, die zeigen dass in den letzten Jahrzehnten immer weniger Wärme in den Weltraum entweicht (siehe Menschlicher Fingerabdruck #2). So haben wir direkte Beweise dafür dass CO₂ Erwärmung verursacht.



Eisbohrkerne zeigen, dass in der Vergangenheit CO₂ erst nach einer Erwärmung anstieg. Dies bedeutet, dass Temperatur die Menge des CO₂ in der Luft beeinflusst. Also führt Erwärmung zu mehr CO₂, und mehr CO₂ verursacht Erwärmung. Diese Effekte zusammengenommen führen zu einer positiven Rückkopplung.

Wenn sich früher die Erde erwärmte, führte dies dazu dass die Ozeane mehr CO₂ in die Atmosphäre abgaben. Dies hatte mehrere Effekte:

- Das zusätzliche CO₂ in der Atmosphäre verstärkte die ursprüngliche Erwärmung. Das ist die positive Rückkopplung.
- Das zusätzliche CO₂ verteilte sich in der Atmosphäre, und verbreitete somit Treibhause Erwärmung auf der ganzen Welt.

Historische CO₂-Messungen stehen in vollem Einklang mit der wärmenden Wirkung des CO₂. Tatsächlich erklärt Erwärmung durch CO₂ sowohl die dramatischen Veränderungen in der Temperatur der Erde in der Vergangenheit als wie sich die Temperaturänderung auf der ganzen Welt verbreiten konnte. Die Verzögerung im CO₂-Anstieg widerlegt nicht die wärmende Wirkung von CO₂. Im Gegenteil, sie liefert Beweise für eine positive Rückkopplung auf das Klima.

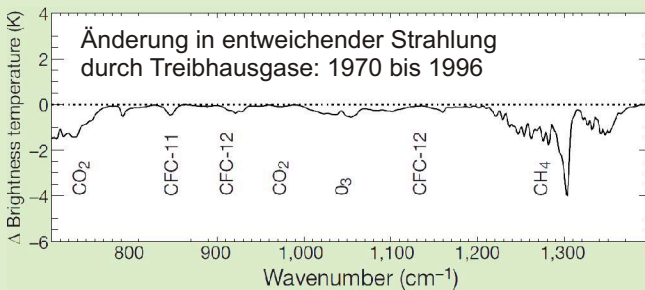
Die Verzögerung im CO₂-Anstieg widerlegt nicht die wärmende Wirkung von CO₂. Im Gegenteil, sie liefert Beweise für eine positive Rückkopplung auf das Klima.

Menschlicher Fingerabdruck #2

Weniger Wärme entweicht in den Weltraum

Satelliten messen Infrarot-Strahlung die in den Weltraum entweicht. Ein Vergleich zwischen Satellitendaten von 1970 bis 1996 ergab, dass bei den Wellenlängen, die von Treibhausgasen absorbiert werden, weniger Energie in den Weltraum entweicht. Forscher beschrieben dies als "direkte experimentelle Beweise für eine deutliche Steigerung des Treibhauseffekts der Erde".

Dieses Ergebnis wurde durch neuere Daten von verschiedenen Satelliten bestätigt.



(Harries et al 2001)

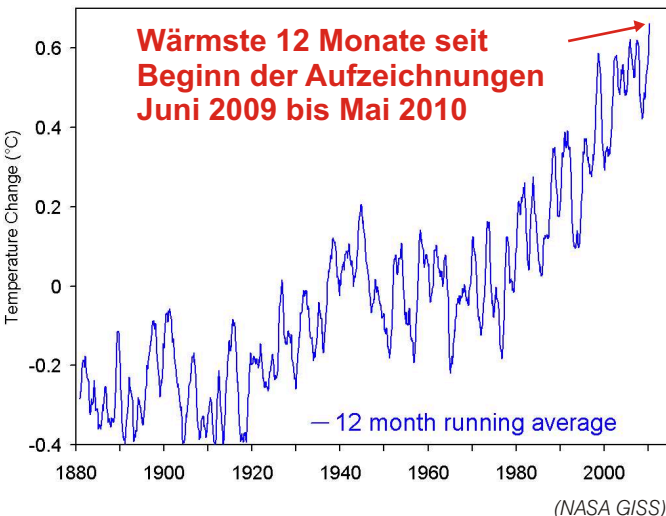
Die Realität der globalen Erwärmung

Skeptiker behaupten, dass ein Großteil der gemessenen globalen Erwärmung auf Wetterstationen zurückzuführen ist, die sich in der Nähe von Klimaanlagen und Parkplätzen befinden. Wir wissen aus mehreren Gründen, dass dies nicht stimmt.

Erstens können wir Temperaturen von gut und schlecht gelegenen Wetterstationen vergleichen. Gute und schlechte Stationen zeigen die gleiche Erwärmung.

Ein weiterer Weg, die Genauigkeit der Thermometermessungen zu überprüfen ist, sie mit Satelliten-Daten zu vergleichen. Satellitenmessungen zeigen den gleichen Anstieg der globalen Erwärmung. Da es keine Klimaanlagen oder Parkplätze im Weltraum gibt, die die Messungen verfälschen könnten, bestätigt dies, dass die Thermometer uns ein genaues Bild geben.

Weiter behaupten Skeptiker, dass es in den letzten Jahren nicht wärmer wurde. Es gibt jedoch in diesem Zeitraum einen starken Erwärmungstrend.



Tatsächlich wurde der Rekord für die heißesten 12 Monate seit Beginn der Aufzeichnungen im März dieses Jahres gebrochen, nur um im April wieder gebrochen zu werden, und dann wieder im Mai.

Die Aufzeichnungen der Oberflächentemperatur sind nur eine von vielen Beweisketten bei der Bestätigung der globalen Erwärmung:

- Eismassen schmelzen, und verlieren Milliarden Tonnen Eis pro Jahr
- Der Anstieg des Meeresspiegels beschleunigt sich (vor allem aufgrund abnehmenden Inlandeises)
- Arten wandern in Richtung der Pole
- Gletscher verschwinden, wodurch die Trinkwasserversorgung für Millionen Menschen bedroht wird

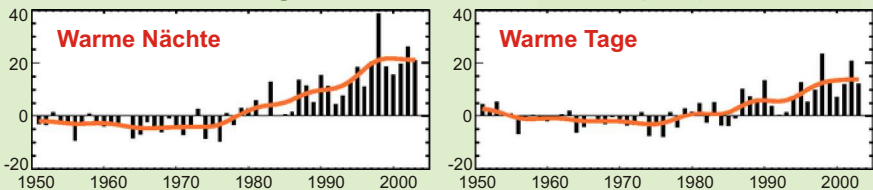
Wenn Ihnen jemand erzählt, es gebe keine Beweise für vom Menschen verursachte Erderwärmung, liegt das daran dass sie nicht besonders gut hingeschaut haben.

Für ein umfassendes Verständnis des Klimawandels müssen wir alle Beweise betrachten. Wir stellen fest, dass viele unabhängige Beweisketten alle zum selben Schluss gelangen - die globale Erwärmung findet statt, und wir sind die Ursache. Wenn Ihnen jemand erzählt, es gebe keine Beweise für vom Menschen verursachte Erderwärmung, liegt das daran dass sie nicht besonders gut hingeschaut haben.

Menschlicher Fingerabdruck #3

Nächte werden schneller wärmer als Tage

Bei einem verstärkten Treibhauseffekt sollten Nächte schneller als Tage wärmer werden. Dies liegt daran, dass der Treibhauseffekt Tag und Nacht arbeitet. Wäre die globale Erwärmung durch die Sonne verursacht, würden wir erwarten, dass der Trend zur Erwärmung tagsüber am größten ist. Stattdessen sehen wir, dass die Anzahl warmer Nächte schneller wächst als die Zahl der warmen Tage.



(Alexander et al 2006)

4 Der CO₂-Effekt nimmt zu

Menschen geben jedes Jahr über 30 Milliarden Tonnen Kohlendioxid in die Atmosphäre ab. Je mehr CO₂ wir abgeben, desto mehr Wärme wird in der Atmosphäre zurückgehalten.

Wie können wir das überprüfen? Reale Messungen zeigen, dass zusätzliches CO₂ mehr Wärme zurückhält. Wir haben bereits gesehen, dass Satelliten weniger in den Weltraum entweichende Wärme messen (siehe Menschlicher Fingerabdruck #2). Dies ist der direkt beobachtete Beweis, dass die von CO₂ verursachte Erwärmung ansteigt.

Weiter bestätigen uns Oberflächenmessungen, dass zusätzliches CO₂ mehr Wärme zurückhält (siehe Menschlicher Fingerabdruck #4). Während weniger Wärme in den Weltraum entweicht, kehrt mehr Wärme zur Erdoberfläche zurück.

An der Oberfläche beobachten wir mehr

Infrarotstrahlung, die aus der Atmosphäre zurück auf die Erde strahlt.

Was ist mit dem Argument, dass der CO₂-Effekt gesättigt ist? Dies beruht auf der irrigen Vorstellung, dass unsere Atmosphäre aus einer einzigen Schicht von CO₂ besteht, die Wärmestrahlung wie eine Jalousie zurückhält. In Wirklichkeit besteht unsere Atmosphäre aus vielen Schichten, von denen jede Wärme abstrahlt.

Wenn wir mehr CO₂ in die Luft abgeben, mischt es sich in alle Teile der Atmosphäre, einschließlich der

oberen Schichten. Das zusätzliche CO₂ in höheren Schichten der Troposphäre absorbiert Strahlung aus den unteren Ebenen. Das Hinzufügen von zusätzlichem CO₂ in die Atmosphäre verstärkt also die globale Erwärmung.

Die Menschen geben jedes Jahr über 30 Milliarden Tonnen Kohlendioxid in die Atmosphäre ab. Je mehr CO₂ in die Atmosphäre gelangt, desto mehr Wärme wird zurückgehalten.

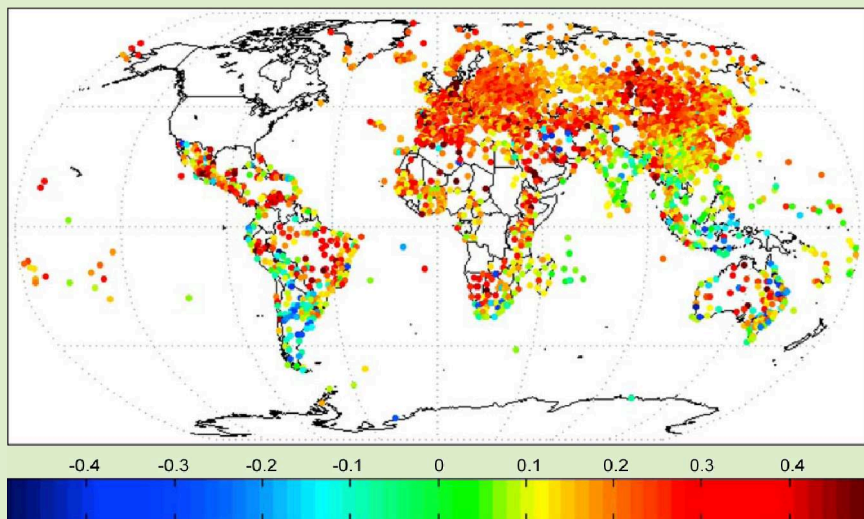
Menschlicher Fingerabdruck #4

Mehr Wärme kehrt zur Erde zurück

Oberflächenmessungen finden, dass aufgrund eines erhöhten Treibhauseffekts mehr Wärme auf die Erde zurückkehrt. Wenn wir uns das Spektrum der einfallenden Strahlung genauer anschauen, können wir herausfinden wie viel jedes Treibhausgas zur Erwärmung beiträgt. Aus diesen Ergebnissen wurde folgender Schluss gezogen:

“Diese experimentellen Daten sollten wirksam das Argument von Skeptikern entkräften, dass keine experimentellen Beweise für den Zusammenhang zwischen Treibhausgasen in der Atmosphäre und der globalen Erwärmung existieren.”

Trend von abwärtsgerichteter Infrarot-Strahlung



(Wang et al 2009)

Die Bestätigung der von Menschen verursachten Erderwärmung basiert auf vielen unabhängigen Beweisketten. Skeptiker der globale Erwärmung konzentrieren sich oft auf kleine Teile des Puzzles, während sie das vollständige Bild vernachlässigen.

Unser Klima verändert sich, und wir sind durch unsere Emissionen von Treibhausgasen die Hauptverursacher. Für das Verständnis der Welt um uns herum und um fundierte Entscheidungen für die Zukunft zu treffen, sind die Fakten über den Klimawandel entscheidend.



Für weitere Informationen besuchen Sie bitte:



THE UNIVERSITY OF
WESTERN AUSTRALIA
Achieving International Excellence

www.climatesciencewa.org