

# Fact Sheet zum Klimawandel

Prof. Stefan Rahmstorf, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung ([www.pik-potsdam.de/~stefan](http://www.pik-potsdam.de/~stefan))

## Einige generelle Fakten zur globalen Erwärmung

Wesentliche Kernaussagen der Klimaforschung wurden in den letzten Jahrzehnten so gut bestätigt, dass sie heute von Klimaforschern allgemein als Tatsachen akzeptiert sind. Zu diesen Kernaussagen gehören die Folgenden:

1. Die Konzentration von CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre ist seit ca. 1850 stark angestiegen, von dem für Warmzeiten seit mindestens 700000 Jahren typischen Wert von 280 ppm auf inzwischen 380 ppm.
2. Für diesen Anstieg ist der Mensch verantwortlich, in erster Linie durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe, in zweiter Linie durch Abholzung von Wäldern.
3. CO<sub>2</sub> ist ein klimawirksames Gas, das den Strahlungshaushalt der Erde verändert: Ein Anstieg der Konzentration führt zu einer Erwärmung der oberflächennahen Temperaturen. Verdoppelt sich der CO<sub>2</sub>-Gehalt der Luft, steigt die globale Mitteltemperatur um 2 bis 4°C an (der wahrscheinlichste Wert beträgt ca. 3°C).
4. Seit 1900 stieg die globale Temperatur um rund 0,8°C. Die Temperaturen der abgelaufenen zehn Jahre waren global die wärmsten seit Beginn der Messungen im 19. Jahrhundert und wahrscheinlich seit mindestens einem Jahrtausend.
5. Der überwiegende Teil dieser Erwärmung ist auf die gestiegene Konzentration von CO<sub>2</sub> und anderen anthropogenen Gasen zurückzuführen.

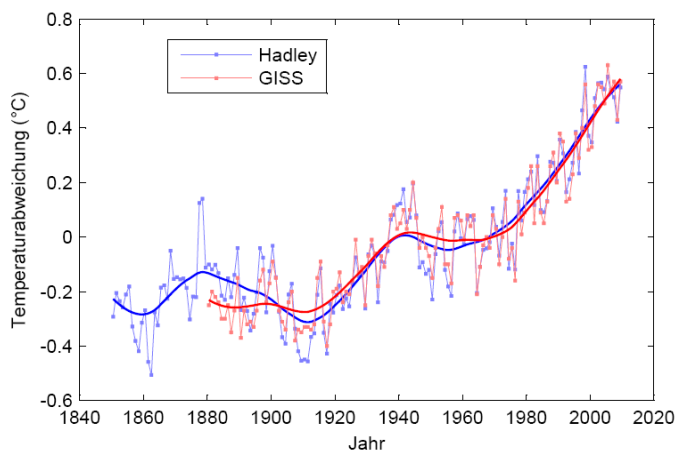


Abb. 1. Globale Temperaturen bis 2009 nach den beiden wichtigsten Datensätzen der NASA (rot) und des Hadley Center (blau). Punkte zeigen die einzelnen Jahreswerte, die dicken Linien einen nicht-linearen Trend über 15 Jahre geglättet. Die Werte sind Abweichungen vom Mittelwert 1951-1980.

Diese Erkenntnisse beruhen auf Jahrzehnten von Forschungsarbeit und Tausenden von Studien – es ist praktisch undenkbar, dass sie durch einige neue Resultate auf einmal umgestoßen werden könnten. Der außerordentliche Konsens darüber zeigt sich in den Stellungnahmen zahlloser internationaler und nationaler Fachgremien, die sich ausführlich und kritisch mit der wissenschaftlichen Beweislage befassen. Neben den bekannten Berichten des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) gibt es unter anderem Stellungnahmen der wissenschaftlichen Akademien aller G8-Staaten, der American Geophysical Union (AGU – die weltweit größte Organisation der Geowissenschaftler), der World Meteorological Organisation (WMO), der meteorologischen Organisationen vieler Länder (u.a. eine gemeinsame Erklärung der deutschen, österreichischen und schweizerischen meteorologischen Gesellschaften) oder des wissenschaftlichen Beirats Globale Umweltveränderungen der Bundesregierung (WBGU).

Alle diese Gremien sind in den Kernaussagen immer wieder zum selben Ergebnis gelangt.

Aus Punkt 1 bis 3 folgt, dass eine weitere Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Konzentration der Atmosphäre zu einem weiteren Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur führen muss (Abb. 2). Je nach Höhe der künftigen Emissionen wird sich (ohne Klimaschutz) der Anstieg bis 2100 im Bereich von 2 - 7°C über die vorindustrielle Temperatur bewegen.

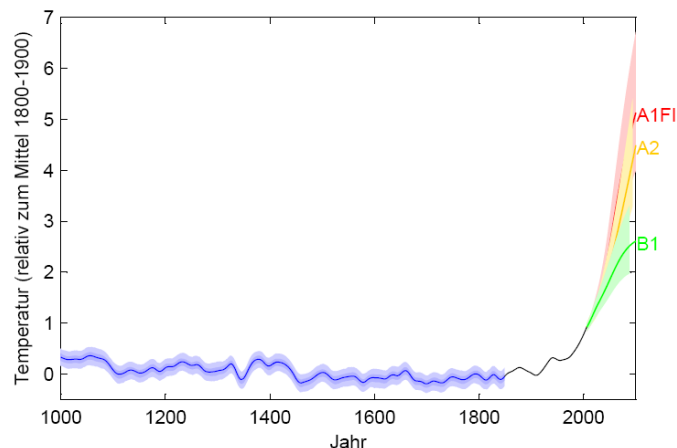


Abb. 2. Szenarien des IPCC 2007 zum Anstieg der globalen Temperatur im 21. Jahrhundert. Gezeigt sind die drei Emissionsszenarien B1, A2 und A1FI mit zugehörigen Unsicherheitsbereichen. Zum Vergleich die Temperaturen seit dem Mittelalter aus Proxydaten (Mann et al. 2008, mit Fehlermargen, blau) sowie die Messdaten ab 1860 (schwarz).

Zum Vergleich: die letzte große globale Erwärmung fand Ende der letzten Eiszeit statt (vor ungefähr 15.000 Jahren). Über einen Zeitraum von 5.000 Jahren stieg die globale Temperatur um -5°C. Eine unbegrenzte anthropogene Erwärmung könnte schon in einem Bruchteil dieses Zeitraums ähnliche Ausmaße erreichen – und sie beginnt von einem bereits warmen Klima.

## Folgen des Klimawandels

Durch die globale Erwärmung ergeben sich eine Reihe gravierender Risiken.

- **Anstieg des Meeresspiegels und Abschmelzen der Eisschilde** Im 20. Jahrhundert stieg der globale Meeresspiegel um 15 - 20 cm. Der globale Meeresspiegel steigt seit 1990 um 3,4 cm/Jahrzehnt, 80% schneller als es die Szenarien des IPCC voraussagten. Der voraussichtliche Anstieg bis 2100 wird wahrscheinlich rund einen Meter betragen, im Extremfall bis zu zwei. Doch auch wenn die Erwärmung bei 3°C gestoppt wird, steigt der Meeresspiegel in einer verzögerten Reaktion in den darauf folgenden Jahrhunderten wahrscheinlich um weitere Meter an (Abb. 3). Dies gefährdet Städte in Küstennähe und tief liegende Inseln. Was heutzutage noch als Jahrhundertflut in New York gilt (mit verheerenden Schäden und überfluteten U-Bahnen), würde statistisch gesehen alle drei Jahre auftreten, falls der Meeresspiegel um nur einen Meter steigen würde.
- **Verlust von Ökosystemen und Tier- und Pflanzenarten** Die globale Temperatur würde Werte erreichen, die es in dieser Höhe seit Millionen von Jahren nicht gegeben hat. Die Temperatur würde so schnell steigen, dass viele Tier- und Pflanzenarten sich nicht daran anpassen können. Ein erheblicher Teil der Tier- und Pflanzenarten – einige Studien gehen von bis zu einem Drittel aus – könnten bereits im Jahre 2050 vom Aussterben bedroht sein. Das Leben in den Weltmeeren wird nicht nur vom Klimawandel bedroht, sondern vom nicht minder ernstzunehmenden Problem einer zunehmenden Versauerung, die ebenfalls durch unsere CO<sub>2</sub>-Emissionen verursacht wird.

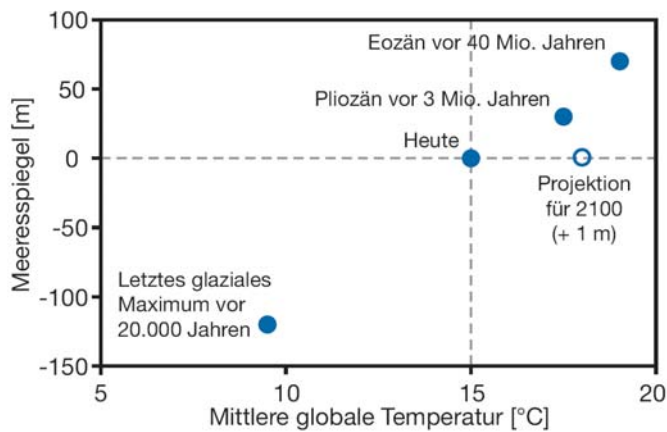


Abb. 3 Durchschnittliche globale Temperatur und durchschnittlicher globaler Meeresspiegel (im Vergleich zu heute) zu unterschiedlichen Zeiten in der Erdgeschichte mit einer Prognose für das Jahr 2100 (1 m über dem heutigen Meeresspiegel). Langfristig ist wahrscheinlich mit einem wesentlich höheren Meeresspiegelanstieg zu rechnen als dem für 2100 vorhergesagten. Quelle: WBGU 2006 nach Archer 2006.

- Gefahr von Extremereignissen** In einem wärmeren Klima steigt die Gefahr von Überschwemmungen, da wärmere Luft mehr Wasser aufnehmen kann (7% mehr pro °C Erwärmung). Es wird in einigen Regionen wahrscheinlich mehr Dürreperioden und Waldbrände geben, so wie es derzeit bereits im Mittelmeerraum oder im südlichen Afrika der Fall ist. Es ist zu erwarten, dass Hurrikane mehr Zerstörungen anrichten. Sowohl Modelle als auch Daten zeigen einen Anstieg der Intensität (nicht aber der Häufigkeit) von Hurrikänen aufgrund steigender Meeresoberflächentemperaturen (Abb. 4). Mehrere neue Studien zeigen, dass der beobachtete Anstieg der Meeresoberflächentemperaturen in den Tropen vornehmlich auf die globale Erwärmung und nicht auf einen natürlichen Kreislauf zurückzuführen ist.

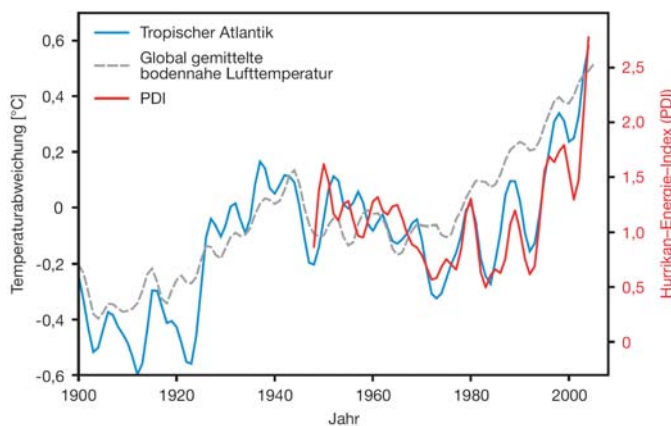


Abb. 4 Zeitliche Entwicklung der Intensität von tropischen Stürmen (Power Dissipation Index - PDI, rot) und durchschnittliche Meeressoberflächentemperatur im tropischen Atlantik von August bis Oktober (blau). Zum Vergleich wird die Entwicklung der global gemittelten Temperatur gezeigt (gestrichelte graue Linie). Quelle: WBGU 2006 nach Emanuel 2005.

- Gefahr für Wasserversorgung und Nahrungsangebot** Während die globale landwirtschaftliche Produktion in wärmeren Klimaverhältnissen nicht notwendigerweise zurückgehen muss, wird es in ärmeren und warmen Ländern aufgrund von Wasserknappheit und Wetterextremen zu Ernteeinbußen kommen. Die Wasserversorgung größerer Städte wie Lima ist gefährdet, wenn Berggletscher abschmelzen.

Dies sind nur einige Beispiele – die genauen Folgen eines derart einschneidenden Klimawandels lassen sich nicht leicht voraussagen und somit sind auch Überraschungen möglich.

## Wie kann ein gefährlicher Klimawandel vermieden werden?

Um die schlimmsten Folgen eines Klimawandels zu vermeiden, hat die Europäische Union beschlossen, die globale Erwärmung auf unter 2° C über vorindustriellem Niveau zu begrenzen (EU-Limit, siehe Abb. 2). Hierzu ist es notwendig, die Kohlendioxidkonzentration in der Atmosphäre unterhalb von 450 ppm zu stabilisieren (möglicherweise auch nach einer zeitweiligen Überschreitung dieses Wertes).

Dieses Ziel kann erreicht werden, indem die weltweiten Treibhausgasemissionen (nicht nur CO<sub>2</sub>) bis 2050 in etwa halbiert werden. Aufgrund von Kohlenstoffrückkopplungen ist diese Zahl allerdings unsicher, so dass der reale Wert zwischen 40 und 70% liegen dürfte, siehe Abb. 5.

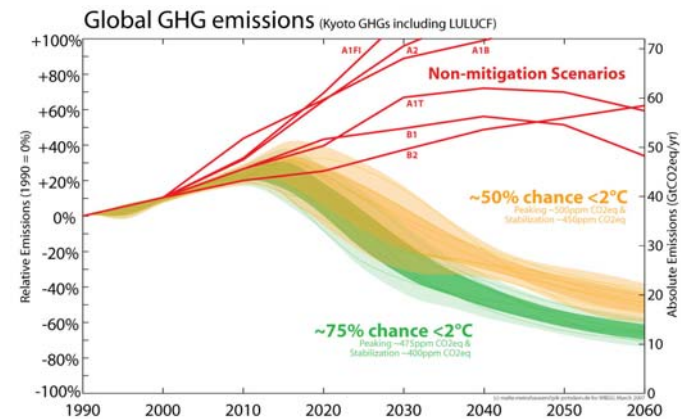


Abb. 5 Vergleich unterschiedlicher Emissionsszenarien für den Zeitraum 1990 bis 2060. Rot gezeigt sind die bekannten IPCC SRES-Szenarien ohne Klimaschutzmaßnahmen („non-mitigation“). Gelb gezeigt ist ein Bündel von Szenarien, bei dem mit 50%-er Wahrscheinlichkeit das EU 2-Grad-Limit eingehalten wird. Grün gezeigt sind Szenarien, bei denen dies mit 75% Wahrscheinlichkeit der Fall ist. Quelle: Meinshausen, PIK, 2007.

Nach den aktuellen Ergebnissen der ökonomischen Modellierung (siehe u.a. Sonderausgabe des *Energy Journal*, Edenhofer et al. 2006) kann dies mit geringem Kostenaufwand (weniger als 1% des BSP bis 2100) durch induzierte technologische Erneuerungen, einschl. erhöhter Energieeffizienz und erneuerbarer Energietechnologien (Windenergie, Biomasse, Solarenergie) erreicht werden. Detaillierte Szenarien für den erforderlichen Umbau des Energiesystems wurden u. a. durch den Wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU 2003) entwickelt. Technisch und wirtschaftlich erscheint das Klimaproblem durchaus lösbar. Was dazu benötigt wird, ist die politische und gesellschaftliche Entschlossenheit, dieses Problem ernsthaft anzupacken.

## Quellen

Archer, D., 2006: *Global Warming: Understanding the Forecast*. Blackwell, 256 Seiten  
 Emanuel, K., 2005: Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years. *Nature*, 436, 686-688.  
 Edenhofer, O., Carraro, C., Koehler, J., Grubb, M. (eds) (2006): *Endogenous Technological Change and the Economics of Atmospheric Stabilisation*. A Special Issue of *The Energy Journal*, Vol. 27, International Association of Energy Economics, USA.  
 Mann, M. E., et al. (2008) Proxy-based reconstructions of hemispheric and global surface temperature variations over the past two millennia, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105: 13252-13257.  
 WBGU 2003: „Über Kyoto hinaus denken“ Sondergutachten, ([www.wbgu.de](http://www.wbgu.de))  
 WBGU 2006: „Die Zukunft der Meere – zu warm, zu hoch, zu sauer“ Sondergutachten, ([www.wbgu.de](http://www.wbgu.de))  
 Mehr Informationen finden Sie in den Büchern [Der Klimawandel](#) und [Wie bedroht sind die Ozeane?](#), auf der Webseite des Autors ([www.ozean-klima.de](http://www.ozean-klima.de)) sowie im Weblog [KlimaLounge](#).