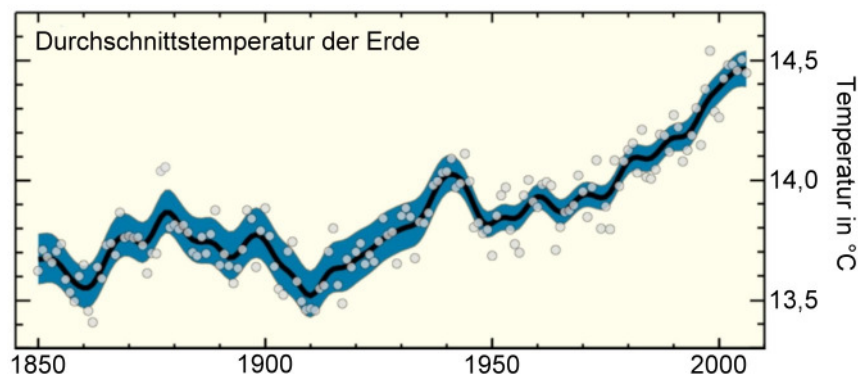


## Der 4. UN-Klimareport

Im Laufe des Jahres 2007 wird der Klimarat der Vereinten Nationen (→ IPCC<sup>1</sup>) seinen vierten Klimareport veröffentlichen. Der Report fasst regelmäßig den Stand der weltweiten Klimaforschung zusammen.

Diese erste Zusammenfassung beruht auf der am 2. Februar 2007 veröffentlichten Zusammenfassung für Entscheidungsträger über die Wissenschaftlichen Grundlagen.

### Die Erde ist wärmer geworden



Beobachtete Erderwärmung seit Beginn der flächendeckenden Temperaturmessung. Die Punkte zeigen Einzelmessungen, die schwarze Linie Durchschnittswerte und der blaue Bereich zeigt die Unsicherheiten an. Quelle: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers, eigene Übersetzung.

#### An der Erderwärmung besteht kein Zweifel

**mehr:** Die Erde hat sich in den letzten 100 Jahren um 0,74 °C erwärmt; die Erwärmung in den letzten 50 Jahren dieses Zeitraums war doppelt so stark wie die in der ersten Hälfte, und 11 der letzten 12 Jahre waren die wärmsten seit Beginn der Temperaturmessung (im Jahr 1850). Auch die Ozeane wurden wärmer, und zwar mindestens bis in 3000 m Tiefe. Dabei haben sie 80 Prozent der insgesamt durch die Zunahme des Treibhauseffektes entstandenen Wärme absorbiert. Durch die Erwärmung dehnen die Ozeane sich aus, wodurch sie dazu beitragen, dass der Meeresspiegel ansteigt: Insgesamt stieg er im 20. Jahrhundert um 17 cm an; im Zeitraum von 1993 bis 2003 sogar um 3,1 mm *pro Jahr*. Neben den wärmeren Ozeanen trugen schmelzende Gletscher und schmelzendes Eis zum Anstieg des Meeresspiegels bei.

#### Diese Erderwärmung hat weitere klimatische Folgen:

In Nordeuropa, Nord- und Südamerika hat

es mehr geregnet, im Mittelmeerraum, in der Sahelzone, in Südafrika und Teilen Südasiens ist es dagegen trockener geworden; die Westwinde sind sowohl auf der Nord- als auch auf der Südhalbkugel stärker geworden. Die Häufigkeit von Starkregen hat zugenommen, Hitzewellen sind häufiger geworden und tropische Stürme wurden heftiger - ein klarer Trend zur Zunahme ihrer Häufigkeit ist dagegen nicht zu erkennen. Entgegen manchen Befürchtungen gibt es auch keinen Trend zum Rückgang des antarktischen See-Eises.

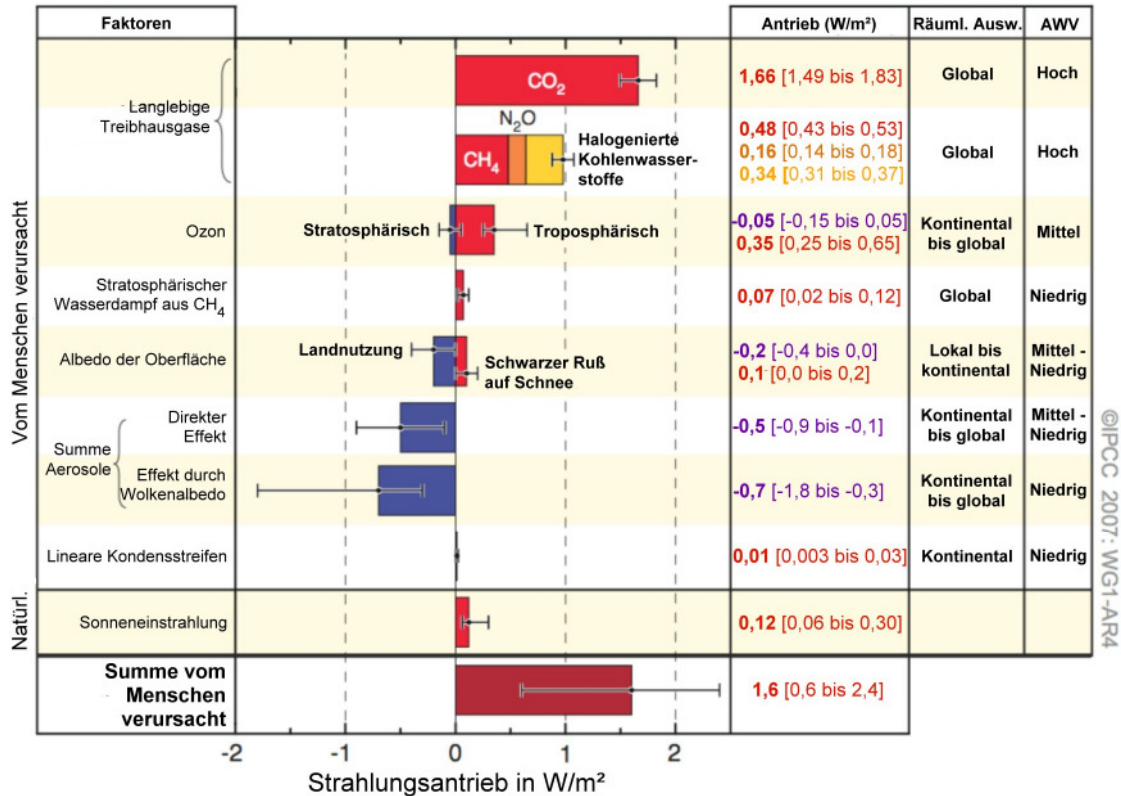
**Eine Warnung aus der Klimageschichte:** Untersuchungen zur Klimageschichte zeigen, dass es zumindest in den letzten 1.300 Jahren auf der Erde nie so warm gewesen ist wie heute. Vor 125.000 Jahren, als es während einer Warmzeit in den Polarregionen zum letzten Mal für längere Zeit wärmer war als heute (um 3 - 5 °C), stieg der Meeresspiegel um 4 bis 6 Meter an - wahrscheinlich verursacht vom Tauen der Eisschicht auf Grönland und anderer arktischer Eisfelder.

<sup>1</sup> Der Pfeil (→) verweist auf Erläuterungen im Glossar (Seite 4)

Die Energiebilanz der Erde und damit das Klimasystem werden von Änderungen der ankommenden Sonnenstrahlung, der Konzentration von Treibhausgasen und Aerosolen (Partikeln) in der Atmosphäre sowie von

Änderungen der Eigenschaften der Erdoberfläche verändert. Inzwischen sind die Erkenntnisse besser geworden, **welchen Anteil an der Erderwärmung die einzelnen Faktoren haben:**

## Was die Erderwärmung verursacht

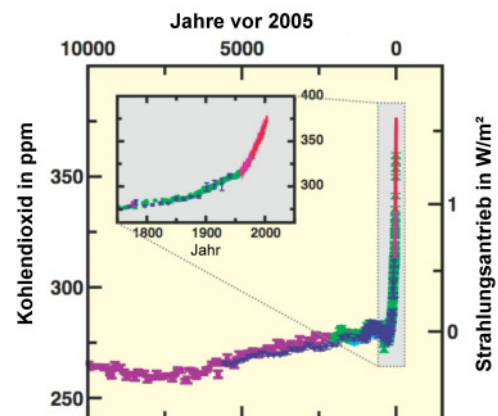


Schätzung der Beiträge der einzelnen Faktoren zum zusätzlichen Treibhauseffekt im Jahr 2005, mit Einfluß auf den Strahlungshaushalt der Erde in  $Watt/m^2$  (negative Werte bedeuten: dieser Faktor verursacht eine Abkühlung der Erde), einer Abschätzung der räumlichen Auswirkung und dem Ausmaß des wissenschaftlichen Verständnisses (AWV). Ganz unten die Abschätzung der Summe der vom Menschen verursachten Klimaveränderungen. Quelle: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers, eigene Übersetzung.

Diese Abbildung zeigt: **Der größte Teil der Erderwärmung ist vom Menschen verursacht.** Weitaus wichtigste Ursache sind Treibhausgase, die den Treibhauseffekt um 2,3 Watt pro  $m^2$  erhöhten. Ohne die Aerosole (Partikel) in der Luft wäre die Erwärmung sogar noch stärker ausgefallen; aber diese haben einen abkühlenden Effekt auf das Klima. In der Summe hat der Mensch mit seinen Aktivitäten den Treibhauseffekt um 1,6 Watt pro  $m^2$  verstärkt; Änderungen der Sonneneinstrahlung hatten dagegen seit 1750 nur eine Änderung von 0,12 Watt pro  $m^2$  zur Folge. Dass die Erderwärmung auch ohne menschliche Aktivitäten stattgefunden hätte, ist nach Stand der Wissenschaft "extrem unwahrscheinlich".

**Das wichtigste Treibhausgas ist Kohlendioxid.** Die Konzentration von Kohlendioxid in der Atmosphäre ist von vorindustriellen 280  $\rightarrow$  ppm auf 379 ppm (2005) angestiegen; weit mehr als jemals in den letzten 650.000 Jahren, in denen die Kohlendioxidkonzentration aus Eisbohrkernen bekannt ist (und sich immer zwischen 180 und 300 ppm bewegte). Wichtigste Ursache dieses Anstieges ist die Verbrennung

fossiler Brennstoffe - im Zeitraum von 2000 bis 2005 setzte sie jedes Jahr durchschnittlich 26,4 Milliarden Tonnen Kohlendioxid frei. Ebenfalls bedeutsam sind Änderungen der Landnutzung, die 5,9 Milliarden Tonnen Kohlendioxid pro Jahr freisetzen.

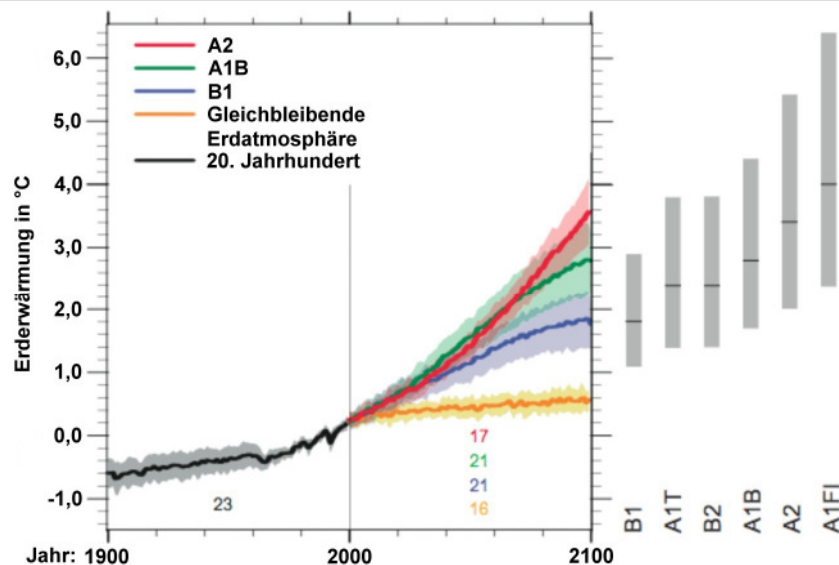


Anstieg des Kohlendioxid-Gehalts in der Erdatmosphäre in den letzten 10.000 Jahren (seit 1750 im Detail im grauen Kasten). Rechts ist die Auswirkung auf den Strahlungshaushalt der Erde angegeben. Quelle: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers, eigene Übersetzung.

**Zweitwichtigstes Treibhausgas ist Methan.** Die Methankonzentration in der Atmosphäre ist von vorindustriellen 715 → ppb auf 1774 ppb (2005) angestiegen, ebenfalls weit über den Werten der letzten 650.000 Jahre (die zwischen 320 und 790 ppb schwankten). Ursachen für diesen Anstieg sind die Landwirtschaft und die Verbrennung fossiler Brennstoffe.

**Wie das Klima auf die Treibhausgase reagiert:** Eine Verdoppelung der vorindustriellen Konzentration von Kohlendioxid hätte nach den vorliegenden Daten eine Erwärmung um 3 °C zur Folge; wobei die mögliche Spanne 2 bis 4,5 °C beträgt - diese Spanne liegt vor allem daran, dass die Auswirkungen von Wolken auf den Strahlungshaushalt der Erde unsicher sind.

## Das 21. Jahrhundert wird wärmer



Möglicher Verlauf der Erderwärmung im 21. Jahrhundert: Die farbigen Linien zeigen die Verläufe aus der Simulationen verschiedener Szenarien, die der IPCC im Jahr 2000 veröffentlicht hat (Special Report on Emission Scenarios [SRES]), der hellere Schatten die Spanne der Unsicherheiten. Die orange Linie zeigt den Verlauf bei gleichbleibenden Konzentrationen an Treibhausgasen. Die grauen Balken rechts zeigen den Temperaturbereich für alle sechs SRES-Szenarien aus dem Jahr 2000, die Kürzel bezeichnen die jeweiligen Szenarien. Quelle: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers, eigene Übersetzung.

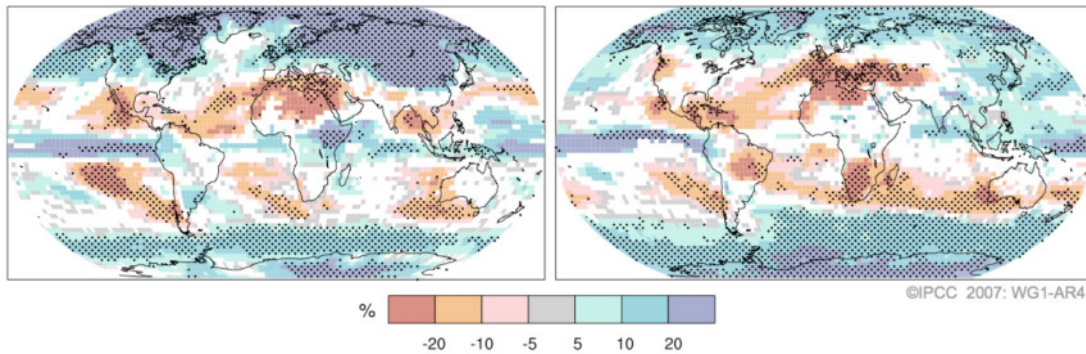
Welche weitere Erwärmung in Zukunft auf uns zukommt, hängt neben den Annahmen über die Temperaturerhöhung bei einer Kohlendioxid-Verdoppelung von den Annahmen über künftige Emissionen an Treibhausgasen und - davon abhängig - ihre künftige Konzentration in der Atmosphäre ab. Aber selbst wenn die Konzentration ab sofort gleich bliebe, würde die Temperatur weiter ansteigen - um 0,1 °C pro Jahrzehnt für die nächsten beiden Jahrzehnte, und dann langsamer (siehe Abb. oben, orange Linie). Dieser Anstieg liegt vor allem an der langsamen Reaktion der Ozeane auf die Treibhausgase. Gleichbleibende oder ansteigende Emissionen und der damit einhergehende Anstieg an Treibhausgasen in der Atmosphäre führen zu stärkeren Temperaturerhöhungen, am wahrscheinlichsten liegt diese zunächst bei 0,2 °C pro Jahrzehnt. Auf Dauer aber unterscheiden sich die Emissionen je nach Emissionsszenario gewaltig - die mögliche Erwärmung liegt bis zum Ende des 21. Jahrhunderts zwischen 1,1 und 6,4 °C. Die niedrigste Temperaturerhöhung (1,1 - 2,9 °C, am wahrscheinlichsten **1,8 °C**) würde eintreten, wenn durch schnellen Strukturwandel und die Einführung sauberer und effizienter Technologien der Anstieg der Treibhausgase auf etwa 600 ppm → CO<sub>2</sub>e beschränkt würde (B1-Szenario, blaue Linie). Aber selbst wenn danach die Konzentration an Treibhausgasen nicht weiter anstei-

gen würde, stiege die Temperatur wegen der Trägheit des Klimasystems im folgenden Jahrhundert um mindestens **weitere 0,5 °C** an. Das Szenario berücksichtigt allerdings keine weiteren expliziten Maßnahmen zum Klimaschutz (das heißt: bei Durchführung solcher Maßnahmen kann der Temperaturanstieg auch niedriger bleiben).

Den höchsten Temperaturanstieg (um 2,4 - 6,4 °C, am wahrscheinlichsten **4,0 °C**) erwartet der IPCC, wenn bei anhaltendem Wirtschaftswachstum der Weg der Verbrennung fossiler Brennstoffe nicht verlassen wird.

## Absehbare Folgen der zukünftigen Erderwärmung

Die Folgen der Erderwärmung entsprechen in ihrem Muster den bereits heute zu beobachtenden Folgen: Die Erwärmung wird in nördlichen Breiten am stärksten sein; es wird weniger Schnee geben und das arktische und antarktische See-Eis wird zurückgehen - die Arktis könnte im Sommer eisfrei werden. Extreme Wetterlagen (Hitzewellen, Starkregen) werden zunehmen, und wahrscheinlich werden tropische Stürme (Taifune und Hurrikans) heftiger werden. Regenfälle werden in nördlichen Breiten zunehmen, in den Subtropen dagegen abnehmen (siehe Abbildung folgende Seite).



Beispiel für die zukünftige Verteilung der Niederschläge im Winter (Dez. - Feb., links) und im Sommer (Jun. bis Aug., rechts), basierend auf dem A1B-Emissionsszenario (grüner Verlauf in der Abbildung Seite 3). Veränderungen in Prozent. Weiße Flächen bedeuten, dass weniger als zwei Drittel der Studien zum gleichen Ergebnis - Abnahme oder Zunahme - kamen; gerasterte Flächen bedeuten, dass mehr als 90 Prozent der Studien zum selben Ergebnis kamen. Quelle: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers.

Die zum → **Globalen Förderband** gehörende Meeresströmung im Atlantik wird sehr wahrscheinlich schwächer werden, ein "Umkippen" hält der IPCC im 21. Jahrhundert aber für sehr unwahrscheinlich. Durch den Temperaturanstieg wird auch der Meeresspiegel ansteigen - je nach Szenario um 18 bis 59 Zentimeter bis Ende des Jahrhunderts. Da der Anstieg der Temperatur auch bei Stabilisierung der Treibhausgase aufgrund der Trägheit des Klimasystems weitergehen würde, würde auch der Meeresspiegel weiter ansteigen - alleine durch die Wärmeausdehnung um 0,3 bis 0,8 Meter im Jahr 2300. Dazu käme der An-

stieg durch abtaues Eis aus Grönland, der mehrere Meter betragen könnte (siehe Seite 1, Eine Warnung aus der Klimageschichte). Über die Dynamik des Abtauens und seine Auswirkungen gibt es noch keinen Konsens unter den Wissenschaftlern, ebenso wenig über das Ausmaß durch Rückkoppelungen aus dem Klima - Kohlenstoffkreislauf - System (z.B. die Freisetzung von Kohlendioxid aus tauenden Permafrostböden, die zu einer weiteren Temperaturerhöhung führt). Klar ist dagegen, dass die Meere durch gelöstes Kohlendioxid saurer werden: der pH-Wert wird voraussichtlich um 0,14 - 0,35 sinken.

## Glossar:

**CO<sub>2</sub>-Äquivalent (CO<sub>2</sub>e)** - Angabe von Treibhausgaskonzentrationen, bei der neben Kohlendioxid auch die anderen Treibhausgase berücksichtigt werden und anhand ihrer Klimawirksamkeit in Kohlendioxid-Äquivalente umgerechnet und zu den reinen Kohlendioxidkonzentrationen hinzuaddiert werden. Bei dieser Betrachtungsweise beträgt die heutige Konzentration an Treibhausgasen 430 ppm CO<sub>2</sub>e.

**Globales Förderband** - System von Tiefenströmungen in den Weltmeeren, das große Wärmemengen aus den Tropen nach Norden bringt.

**IPCC** - International Panel on Climate Change: UN-Spezialorganisation, die keine eigene Forschung betreibt, sondern die Ergebnisse der weltweiten Klimaforschung zusammenstellt, bewertet und in regelmäßigen Berichten darstellt. Website: [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)

**ppm** - engl. *parts per million*; Konzentrationsangabe, auf deutsch „Teile pro Millionen“, 1.000 ppm sind 1 Promille = 0,1 Prozent. Analog wird **ppb** (parts per billion; „Teile pro Milliarden“) verwendet - 1.000 ppb = 1 ppm.

Eine Kohlendioxidkonzentration von 380 ppm bedeutet also, dass 0,038 Prozent der Luft aus Kohlendioxid bestehen.

## Weblinks:

**Der Bericht** „Climate Change 2007: The Physical Science Base—Summary for Policymaker“ kann auf der Website des IPCC ([www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)) heruntergeladen werden.

Diese Kundeninformation wurde zuerst veröffentlicht auf:

**[www.oekosystem-erde.de](http://www.oekosystem-erde.de)**

Was Sie schon immer über Erde, Mensch und Umwelt wissen wollten, sich aber nie zu fragen trautes.



© Abb.: NASA

Eine bei Bedarf aktualisierte Internet-Seite mit den Informationen dieser Kundeninformation finden Sie dort unter **[www.oekosystem-erde.de/html/klimawandel.html](http://www.oekosystem-erde.de/html/klimawandel.html)**

Unter **paeger-consulting.de** finden Sie alle bisher erschienenen Kundeninformationen:

- Nr. 1: Das Ende des billigen Öls
- Nr. 2: Betriebliches Energiemanagement
- Nr. 3: Klimaerwärmung

**Impressum:** Diese Kundeninformationen werden von **paeger consulting**, Jürgen Paeger, Wittener Str. 253, 44803 Bochum, herausgegeben. Verfasser dieser Ausgabe ist Jürgen Paeger. Internet: [www.paeger-consulting.de](http://www.paeger-consulting.de)