

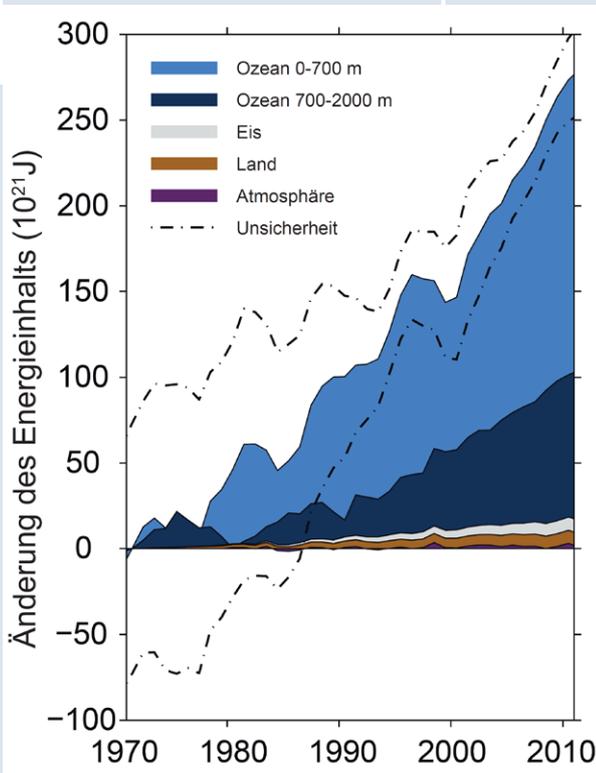


# KLIMAWANDEL: UNSERE GRÖSSTE HERAUSFORDERUNG

Die Konzentration von CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre, neben Wasserdampf das wichtigste Treibhausgas, ist heute über 30 % höher als je zuvor in den letzten 800 000 Jahren und sie steigt über hundert mal schneller an als in den letzten 20 000 Jahren. Die Ursache dafür ist die Verbrennung fossiler Brennstoffe, Kohle, Erdöl und Erdgas, sowie die weltweite Abholzung des tropischen Regenwaldes. Der neuste Bericht des Weltklimarats IPCC dokumentiert eine schnell und weltweit sich verändernde Erde und liefert das wissenschaftliche Verständnis über die weiteren Änderungen, die noch auf uns zu kommen werden, abhängig von unseren Entscheidungen heute.

Aufgrund von Beobachtungen in der Atmosphäre, im Ozean und der Schnee- und Eisbedeckung des Planeten kommt der IPCC Bericht zum Schluss: «Die Erwärmung des Klimasystems ist eindeutig». Es besteht kein Zweifel, dass die Erwärmung und ihre Folgen durch menschliche Aktivitäten verursacht werden. Seit 1951 wurde eine weltweit gemittelte Erwärmung von 0,6 bis 0,7°C gemessen, was eine direkte Folge der Veränderung der Energiebilanz der Erde ist. Der markante Anstieg der Treibhausgaskonzentrationen führt zu einer Energieaufnahme, die nur zu einem kleinen Teil durch die kühlende Wirkung des erhöhten Aerosolgehalts der Atmosphäre abgeschwächt wird. Der eindrücklichste Beweis dafür ist die Zunahme des Energieinhalts des gesamten Klimasystems seit 1970 um  $250 \times 10^{21}$  J, etwa 70 Millionen Terawattstunden (Grafik 1). Über 90 % dieser Energie ist im Ozean gespeichert, der sich weltweit bis auf etwa 2 Kilometer Tiefe erwärmt hat.

Das heisst, dass es *«extrem wahrscheinlich ist, dass mehr als die Hälfte der Erwärmung von 1951 bis 2010 durch den menschgemachten Anstieg der Treibhausgase und anderer Faktoren zusammen verursacht wurde.»* Zusätzlich können aber viele weitere Veränderungen der letzten 50 Jahre ursächlich auf den Anstieg von CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre zurückgeführt werden: die Aufnahme von Wärme durch den Ozean, der Anstieg des Meeresspiegels, die schrumpfende Meereisbedeckung in der Arktis, das Abschmelzen von Grönland, der Antarktis, und der Gletscher weltweit, Veränderungen des globalen Wasserkreislaufs, Änderungen der Statistik von Extremereignissen wie zum Beispiel die Verdoppelung der Häufigkeit von Hitzewellen, und viele mehr. Aufgrund dieser erdrückenden wissenschaftlichen Evidenz haben alle Mitgliedstaaten von IPCC im Konsens folgende Aussage verabschiedet: *«Der menschliche Einfluss auf das Klimasystem ist klar.»*



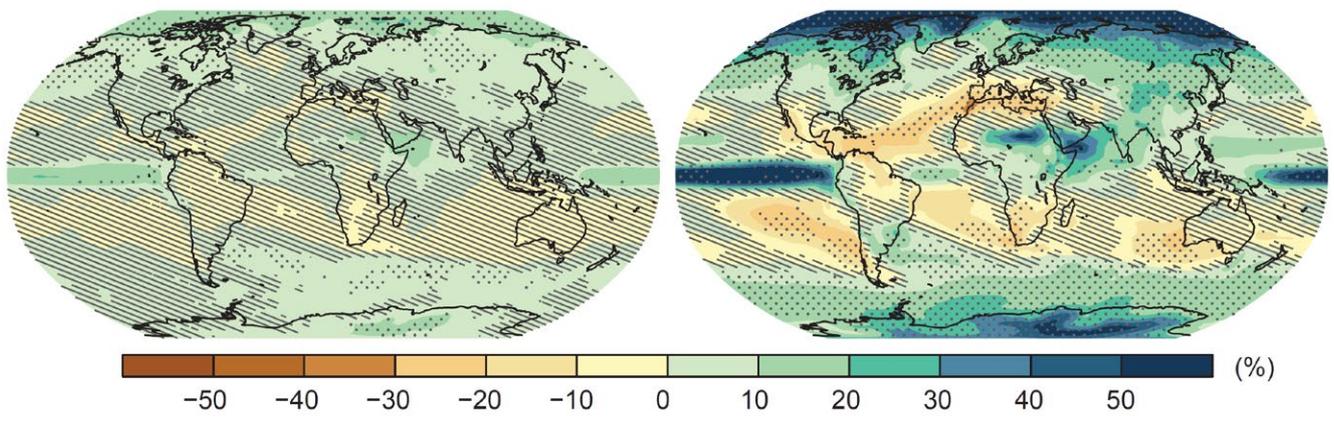
Grafik 1: Die Änderung des Energieinhalts des Klimasystems seit 1970 ist eine eindrückliche Folge der anhaltenden Erwärmung hauptsächlich verursacht durch den Anstieg der CO<sub>2</sub>-Gehalts in der Atmosphäre. Figur nach IPCC (2013).

Die Wissenschaftler haben anhand von Szenarien über die Emissionen fossiler Brennstoffe und der zukünftigen Landnutzung Simulationen mit komplexen Klimamodellen durchgeführt, die die Veränderungen im Klimasystem des 21. Jahrhunderts abschätzen. Für alle Szenarien, ausser dem niedrigsten, ist es wahrscheinlich, dass die Erwärmung 1,5°C übersteigen wird, relativ zur zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Das niedrigste Szenario, mit welchem der Klimawandel begrenzt werden kann, erfordert eine starke Intervention, die zu Emissionsreduktionen von mindestens 50 % bis etwa 2050 führen mit einer weiteren Absenkung auf Null in den folgenden Jahrzehnten. Dieses Szenario führt zur vollständigen Netto-De karbonisierung der Gesellschaft.

Demgegenüber wird in einem Business-As-Usual Szenario eine Erwärmung von über 4,5°C erwartet. Dies hätte einschneidende Veränderungen im ganzen Klimasystem zur Folge: der Meeresspiegel würde bis 2100 um 0,52 bis 0,98 Meter, mit einer Geschwindigkeit von 8 bis 16 mm pro Jahr ansteigen und die Arktis wäre ab etwa 2050 im Sommer weitgehend eisfrei. Der globale Wasserkreislauf wird sich weiter verändern, so dass bereits heute trockene Gebiete noch weniger Niederschlag erhalten werden (Grafik 2). Durch den Anstieg von CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre wird der Ozean noch weiter versauert.

Das zukünftige Klima hängt direkt vom Szenario der Treibhausgasemissionen ab. Das bedeutet, dass die Weltgemeinschaft

## Änderung des mittleren Niederschlags (2081–2100 gegenüber 1986–2005)



Grafik 2: Änderung des über die 20 Jahre gemittelten Niederschlags am Ende des 21. Jahrhunderts relativ zur Periode 1986–2005 aus Simulationen mit mehr als 30 Klimamodellen für zwei Emissionsszenarien. Links: Szenario, das das 2°C-Klimaziel erreicht, Rechts: business-as-usual Szenario mit einer mittleren Erwärmung im Jahr 2100 von über 4,5°C. Die schräge Schraffur zeigt an, dass die Änderungen klein gegenüber den natürlichen Schwankungen sind, die Punkte markieren sehr signifikante Änderungen. Figur nach IPCC 2013.

die Wahl hat zwischen einem fundamental anderen, der Menschheit weitgehend unbekanntem Klima, in welchem die beiden Hauptressourcen Land und Wasser negativ betroffen sind: Die Landfläche verringert sich durch den Anstieg des Meeresspiegels, und die Verfügbarkeit von Wasser ändert sich mit dem globalen Wasserkreislauf. Oder, ein Klimawandel, der auf 2°C beschränkt ist und für viele Regionen der Erde eine Anpassung an die vielfältigen Veränderungen noch möglich ist.

Eine wichtige neue Erkenntnis im IPCC Bericht ist die Tatsache, dass die Gesamtheit des seit der industriellen Revolution ausgestossenen CO<sub>2</sub> die mittlere Erwärmung im 21. Jahrhundert weitgehend bestimmt. Um die Erwärmung unter 2°C zu halten, dürfen nicht mehr als 1000 Milliarden Tonnen Kohlenstoff in die Atmosphäre entlassen werden. Bis Ende 2014 haben wir aber bereits 545 Milliarden Tonnen emittiert, was uns eine Restmenge von 455 Milliarden Tonnen Kohlenstoff übrig lässt. Nun müssen aber auch die anderen Treib-

hausgase berücksichtigt werden, wie Methan und Lachgas, die bei der Produktion von Nahrung entstehen. Das reduziert die verbleibende Menge auf gerade noch 245 Milliarden Tonnen. Bei der heutigen weltweiten Emissionen von 10 Milliarden Tonnen wäre das Budget für das 2°C-Ziel in weniger als 25 Jahren aufgebraucht. Das ist allerdings eine sehr vereinfachte, optimistische Abschätzung, denn einerseits steigen die Emissionen langfristig um 2 % pro Jahr an und der Absenkpfad der CO<sub>2</sub> Emissionen, der wirtschaftlich überhaupt verkraftbar wäre, wird kaum 5 % pro Jahr übersteigen.

Aus diesem Grund hält der neuste IPCC Bericht fest: *«Die Beschränkung des Klimawandels erfordert substantielle und langanhaltende Reduktionen der Treibhausgasemissionen.»* Wir haben heute also die Wahl, ob wir in einer Welt leben wollen, die bis zum Ende des 21. Jahrhunderts über 4,5°C wärmer ist, oder aber ob es gelingt, den Klimawandel unter 2°C zu halten. Es ist unsere Wahl heute, aber es ist ebenso klar, dass jede weitere Ver-

zögerung oder nicht genügend grosse Emissionsreduktionen unsere Optionen einschränken und schon bald vernichten werden. Das 2°C-Ziel noch zu erreichen, ist inzwischen zu einer der grössten Herausforderungen dieses Jahrhunderts geworden.

### Weiterführende Informationen.

IPCC, Summary for Policymakers, in Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, (T.F. Stocker, et al., eds.). Zur Verfügung auf [www.climatechange2013.org](http://www.climatechange2013.org) in bisher 13 Sprachen, inklusive deutsch, französisch, und italienisch.



**Thomas Stocker**  
Klima- und Umweltphysik,  
Physikalisches Institut Universität Bern