

ZUKÜNFTIGER KLIMAWANDEL

Klimamodelle: Was wird in Zukunft passieren?

Wir haben gesehen, dass es bereits heute recht erhebliche Auswirkungen auf unser Klimasystem gibt. Allerdings bleibt die Entwicklung nicht stehen.

Deshalb ist es wichtig, die Erkenntnisse aus der bisherigen Forschung zum Klimawandel auch auf die zukünftige Entwicklung des Strahlungsantriebs zu übertragen.

Forscher haben deshalb sehr komplizierte Computermodelle entwickelt, die in der Lage sind, die Veränderungen der Klimatreiber und deren Wechselwirkungen abzubilden.

Diese Modelle legen ein Gitternetz über den Globus und simulieren sowohl die Atmosphäre als auch die Ozeane in Dutzenden von Schichten. Nachdem Punkt für Punkt berechnet worden ist, schreitet das Modell einen Zeittakt voran, und die Berechnung beginnt von neuem. Der Rechenaufwand steigt also mit der räumlichen Auflösung (Abstand zwischen den Gitterpunkten) und auch der zeitlichen Auflösung (kürzerer Zeittakt).

Jeder kann sich vorstellen, dass derart komplizierte Rechenmodelle nicht auf Anhieb perfekt sein können. Durch die Einarbeitung aktueller Forschungsergebnisse werden sie entsprechend kontinuierlich verbessert, und ihre Ergebnisse werden zuverlässiger.

Die repräsentativen Konzentrationspfade

Im Rahmen des Weltklimaforschungsprogramms wurden für Klimamodellsimulationen aus den vorliegenden wissenschaftlichen Erkenntnissen vier verschiedene Szenarien, die sogenannten repräsentativen Konzentrationspfade (Representative Concentration Pathways, RCP), entwickelt. Für jedes der vier RCP-Szenarien wurde ein bestimmter Verlauf der Emissionen und Konzentrationen innerhalb des Betrachtungszeitraums bis 2100 festgelegt. Aufgrund der Langzeitwirkungen der Klimatreiber wird ein Szenario nicht nur von der Gesamthöhe, sondern auch vom Zeitpunkt der Emissionen beeinflusst. Benannt sind sie nach dem berechneten Strahlungsantrieb, den sie im Jahr 2100 (bezogen auf das Jahr 1750) bewirken.

Die Bandbreite reicht von einem ehrgeizigen Minderungsszenario RCP2.6 mit einem Strahlungsantrieb von 2,6 W/m² im Jahr 2100 über zwei mittlere Szenarien (RCP4.5 und RCP6.0) bis hin zu einem „weiter-wie-bisher-Szenario“ (RCP8.5).

So soll die gesamte Bandbreite der möglichen Entwicklung abgebildet werden. Zwischen den beiden Extremszenarien ergibt sich ein Korridor, in dem man die künftigen Folgen erwartet.

RCP-Szenarien für den 5. IPCC-Sachstandsbericht				
Bezeichnung	RCP8.5	RCP6.0	RCP4.5	RCP2.6
Treibhausgaskonzentration im Jahre 2100	1370 ppm CO ₂ -äq	850 ppm CO ₂ -äq	650 ppm CO ₂ -äq	400 ppm CO ₂ -äq
Strahlungsantrieb 1850-2100	8,5 W/m ²	6,0 W/m ²	4,5 W/m ²	2,6 W/m ²
Einstufung	sehr hoch	hoch	mittel	sehr niedrig

RCP8.5

Im RCP8.5-Szenario bleibt Spielraum für ein weiteres starkes Bevölkerungswachstum bis zum Jahr 2100. Der Energiebedarf steigt dementsprechend ebenfalls und wird nach Szenariovorgaben zu einem bedeutenden Teil aus Kohle gedeckt. Als Folge steigen die Emissionen bis zum Ende des 21. Jahrhunderts auf das Dreifache ihres heutigen Wertes an.

Ergebnisse:

Die Treibhausgaskonzentration erreicht 1.370 ppm CO₂-äq. Aus dem Verlauf des RCP8.5-Szenarios ergibt sich 2100 ein Strahlungsantrieb von 8,5 W/m² und die mittlere Temperatur der Erde wird sich bis zu diesem Zeitpunkt um etwa 3,7 [2,6 bis 4,8] °C im Vergleich zum vorindustriellen Zeitalter erwärmen.

RCP2.6

Das RCP2.6-Szenario bildet ein schwächeres Bevölkerungswachstum verbunden mit einer sehr schnell verlaufenden Emissionsminderung ab. Die Emissionen sinken von gegenwärtig etwa 10 Gigatonnen Kohlenstoff pro Jahr auf 0 Gigatonnen im Jahre 2080.

Ergebnisse:

Die Treibhausgaskonzentration liegt im Jahr 2100 bei 400 ppm CO₂-äq. Aus dem Verlauf des RCP2.6-Szenarios ergibt sich 2100 ein Strahlungsantrieb von 2,6 W/m² verbunden mit einem mittleren Temperaturanstieg von etwa 1,0 [0,3 bis 1,7] °C im Vergleich zum vorindustriellen Zeitalter. Der Strahlungsantrieb erreicht in diesem Szenario etwa in der Mitte des Jahrhunderts mit etwa 3 W/m² seinen Höhepunkt und beginnt in der Folge wieder zu fallen.

Um unvermeidliche Emissionen (z.B. aus der Landwirtschaft) nach dem Jahr 2080 ausgleichen zu können, muss der Atmosphäre über so genannte negative Emissionen Kohlenstoff entzogen werden.

Fünf Gründe zur Besorgnis

Aus dem unter anderem mit Erwärmung, Meeresspiegelanstieg und dem Rückgang der Eisflächen verbundenen Klimawandel erwachsen der Menschheit verschiedene Risiken. Der IPCC fasst die Schlüsselrisiken in „5 Gründen zur Besorgnis (reasons of concern)“ zusammen. Diese bilden gleichzeitig die Grundlage für eine Bewertung der Folgen des menschlichen Handelns.

- **Einzigartige und bedrohte Systeme:** Viele Ökosysteme und Kulturen sind durch eine weitere Erwärmung in ihrer Existenz bedroht, wenn ihre Anpassungsfähigkeit durch die Folgen des Klimawandels überschritten wird. Je stärker die Erwärmung letztlich ist, desto höher ist auch das Risiko für diese Gemeinschaften. Die Artenvielfalt der Tierwelt wird sich drastisch ändern. Außerdem werden küstennahe Regionen, wie z.B. die Malediven, Vietnam und die Niederlande durch Überschwemmungen und den Anstieg des Meeres nicht mehr bewohnbar sein (mehr).
- **Extremwetterereignisse:** Hitzewellen, Starkniederschläge, Überschwemmungen und Stürme bilden eine direkte Gefahr für Leib und Leben. Sie sind aber auch beispielsweise mit dem Risiko des Verlustes von Wohnraum oder Infrastruktur verbunden. Mit Extremwetterereignissen verbundene Ernteausfälle bergen zusätzliche Gefahren. Viele der genannten Risiken werden mit einer zunehmenden Erwärmung ebenfalls größer. Extreme Hitzewellen, wie z.B. in Indien und Pakistan, von über 50 Grad oder extreme Stürme sind Folgen des Klimawandels. Auch Starkniederschläge konnten in Deutschland im Jahr 2016 beobachtet werden (mehr).

- Verteilung der Folgen: Auch aus der Verteilung der Folgen des Klimawandels ergeben sich Risiken. Haben Individuen oder Gruppen nicht genügend Ressourcen (z.B. Nahrung oder Geld), um sich an die Auswirkungen des Klimawandels anzupassen, steigen die Risiken für diese Gruppen an (mehr). Dies hat zur Folge, dass die Menschen oder Menschengruppen aus ihrem Land fliehen müssen. Neuseeland hat als erstes Land der Welt den Klimawandel als Asylgrund akzeptiert und somit Klimaflüchtlinge anerkannt. Laut einer Studie von Greenpeace aus dem Jahr 2014 soll es bis 2040 200 Millionen Klimaflüchtlinge geben.
- Globale aggregierte Folgen: Globale Risiken wie der Verlust von Artenvielfalt oder negative Auswirkungen auf die Weltwirtschaft steigen ebenfalls mit zunehmender Erwärmung an. Durch den Meeresspiegelanstieg oder den Dürreperioden wird die landwirtschaftliche Nutzung erschwert. Eine verstärkte Versalzung der Oberflächengewässer und der Grundwasserspeicher wird die Ackerbewirtschaftung sowie den Anbau stark beeinflussen. Ebenso treten Ertragsausfälle durch Trockenperioden oder Extremregen auf. Als Folge können Lebensmittelengpässe und die damit einhergehenden steigenden Preise für bestimmte Lebensmittel sein.
- Großräumige singuläre Ereignisse: Mit zunehmender Erwärmung steigt das Risiko, dass sich Prozesse auf der Erde unumkehrbar verändern und den Strahlungsantrieb zusätzlich verstärken.

Der Permafrostboden ist ein Beispiel für ein solches kritisches Kipp-Element: Taut er durch eine Erwärmung großflächig auf, kann zuvor in ihm gebundenes Methan entweichen. Der zusätzliche Strahlungsantrieb durch diese Methanemission beschleunigt das weitere Auftauen dann noch zusätzlich. Ein weiteres Beispiel für ein Kipp-Element in unserem Klimasystem ist die mögliche Freisetzung von Methanhydraten aus dem Meeresboden.