

## WAS IST EIN KLIMAMODELL UND WOZU BRAUCHT MAN ES?

Weil die Wirklichkeit sehr komplex ist, braucht man in der Wissenschaft Modelle, die eine vereinfachte Darstellung der Realität sind und zu einer bestimmten Fragestellung und aufgrund theoretischer Annahmen gebildet werden.

Klimamodelle versuchen Aussagen über die Klimaentwicklung zu treffen. Die interessante Frage ist dabei, an welchen Orten, zu welcher Zeit und mit welcher Intensität sich das Klima verändert. Die Daten dafür ziehen Wissenschaftler aus sogenannten Proxydaten (aus Baumring-Analysen, Radiokarbon-Methoden oder Pollen-Analysen). Um Informationen über die zukünftige Klimaentwicklung zu geben, braucht man Modelle, die die Vergangenheit möglichst genau abbilden und gleichzeitig Aussagen über zukünftige Klimaentwicklungen anhand dieser Daten treffen können.

Mit Hilfe von Computersimulationen werden die komplexen physikalischen und chemischen Prozesse des Klimasystems aus der Atmosphäre und den Ozeanen simuliert und durch Klimamodelle dargestellt. Berechnet werden dabei die Energie- und Strahlungsbilanz zwischen Sonneneinstrahlung und Rückstrahlung ins All und die verschiedenen Wechselwirkungen zwischen Atmosphäre und Erdoberfläche.

Eine wesentliche Funktion eines Klimamodells ist der Vergleich von vorhandenen Messdaten mit Modellrechnungen für vergangene Klimaveränderungen. Dies ermöglicht eine Prüfung, inwieweit das im Klimamodell enthaltene Wissen zutreffend ist. Ein so überprüftes Klimamodell erlaubt dann die Abschätzung zukünftig zu erwartender Klimaveränderungen in Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren.

### *Wie funktionieren Klimamodelle?*

Man unterscheidet globale und regionale Klimamodelle, die entweder auf dynamischen oder statistischen Beziehungen zwischen den Klimaparametern basieren können. Für die derzeitige und zukünftig zu erwartende globale Erwärmung werden hauptsächlich globale dynamische Klimamodelle eingesetzt (General Circulation Models, kurz GCM).

Ausgehend von der numerischen Beschreibung globaler Strömungen in der Atmosphäre basiert ein GCM in der Regel auf einem Atmosphärenmodell, wie es auch bei der numerischen Wettervorhersage verwendet wird. Zur Klimamodellierung wird dieses durch zusätzliche Modellkomponenten erweitert, da die Atmosphäre nicht als isoliertes System betrachtet werden kann. Zuerst wird ein Ozeanmodell angekoppelt und man erhält dann ein Atmosphären-Ozean-GCM, kurz AOGCM. Seit dem ersten GCM aus dem Jahr 1967 kamen schrittweise viele zusätzliche Modellkomponenten hinzu, um die komplexen Prozesse im Klimasystem möglichst realitätsnah wiedergeben zu können, beispielsweise Schnee- und Eismodelle sowie Vegetationsmodelle.

Die Entwicklung geht weiter in Richtung noch komplexerer Modelle mit Mehrphasenreaktionen mit Aerosol-, Wasser- und Eispartikeln, um Prozesse der Wolkendynamik und geographische Unterschiede besser erfassen zu können. Dies kann umso besser gelingen, je höher die Auflösung in den drei räumlichen Dimensionen und der Zeit im Modell ist. Von einer Gitterweite von 500 km in den achtziger Jahren konnte die Auflösung dank der Fortschritte der Computerleistung schrittweise über 250 km, 110 km bis heute etwa 40 km gesteigert werden. Jede Verdoppelung der Auflösung erfordert eine entsprechend höhere Computerleistung.

### **Welche Rolle spielen regionale Klimamodelle?**

Für die klimatischen Bedingungen in geographisch stark differenzierten Geländestrukturen reicht auch heute die Auflösung globaler Klimamodelle noch nicht aus. Um die räumliche und zeitliche Auflösung der Ergebnisse weiter zu erhöhen, stehen mit dynamischen und statistischen regionalen Klimamodellen prinzipiell zwei Ansätze zur Verfügung.

Regionale dynamische Klimamodelle repräsentieren – wie globale Klimamodelle – die Dynamik der physikalischen und chemischen Prozesse in der Atmosphäre. Da sie nur einen begrenzten regionalen Ausschnitt der Atmosphäre modellieren, ist ihre horizontale Auflösung – bei gleichbleibendem Rechenaufwand – größer als bei globalen Klimamodellen und geht mittlerweile hinunter bis zu wenigen Kilometern.

Wie auch bei globalen Klimamodellen müssen Prozesse, die auf feinerer Skala als die räumliche Auflösung stattfinden, parametrisiert werden, wie z. B. Wolkenbildung. Im Gegensatz zu dynamischen Klimamodellen beruhen regionale statistische Klimamodelle auf der Ermittlung skalenübergreifender Beziehungen zwischen Klimaparametern, d. h. Beziehungen zwischen großskaligen Klimavariablen (z. B. globale Mitteltemperatur) und lokalen/regionalen Klimavariablen (z. B. mittlere Januartemperatur an einem bestimmten Ort).

Diese Beziehungen werden aus langjährigen Messdatenreihen abgeleitet und sind in der Regel für jede Region unterschiedlich. Regionale Klimamodelle benötigen eine Vorgabe der globalen Klimaänderung, etwa aus den Ergebnissen globaler Klimamodelle. Dazu werden regionale dynamische Klimamodelle in ozeanische und laterale atmosphärische Randbedingungen an den Modellrändern eingebettet, wie sie von GCMs berechnet werden.

In Deutschland werden derzeit im Wesentlichen vier regionale Klimamodelle zur Erstellung regionaler Klimaszenarien eingesetzt: die beiden dynamischen Modelle REMO (MPI-M, Hamburg) und CCLM (DWD und etwa 25 weitere Institutionen) sowie die beiden statistischen Modelle STAR (PIK, Potsdam) und WettReg (CEC, Potsdam).\*

\* Walkenhorst, O., und Stock, M. (2009). Regionale Klimaszenarien für Deutschland. Eine Leseanleitung, in: E-Paper der Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Nr. 6, Hannover. Verfügbar unter: [http://www.elbtaue.niedersachsen.de/download/64474/Anleitung\\_der\\_ARL\\_zum\\_Lesen\\_von\\_Klimaszenarien.pdf](http://www.elbtaue.niedersachsen.de/download/64474/Anleitung_der_ARL_zum_Lesen_von_Klimaszenarien.pdf) [Stand: 21.05.2019]