Rauschen in Simulationsmodellen der regionalen Hydrodynamik der Atmosphäre und des Ozeans

Hans von Storch

Helmholtz Zentrum Hereon, Geesthacht, und Ocean University of China, Qingdao

Nach der Verleihung des Physik-Nobelpreises 2021 ist die Aufmerksamkeit der Klimaforschung erneut auf die Gegenwart von extern angetriebener und intern erzeugten. Variabilität gerichtet worden. Diese intern erzeugte Variabilität, also Schwankungen, die nicht direkt von externen Faktoren hervorgerufen sind, werden hier als „Rauschen“ bezeichnet. Für regionale Systeme, in denen häufig sehr starkes externes Forcing wirkt (etwa über die lateralen Randbedingungen in atmosphärischen Limited Area Modellen, oder die atmosphärischen Antriebe im Falle von Modellen der Randmeere), wurde die Rolle des Rauschens für lange Zeit unzureichend wahrgenommen.

Bei der Auswertung von Simulationen solcher Systeme sind daher drei Faktoren zu betrachten – der (zyklostationären) mittlere Zustand, die extern forcierte Variabilität, und die intern generierte Variabilität. Dies lässt sich bewerkstelligen mithilfe von Ensembles von Simulationen, wobei die extern forcierte Variabilität sich im (täglichen) Ensemblemittel darstellt, und das Rauschen in der (täglichen) Standardabweichung innerhalb des Ensembles.

Diese Ensembles lassen sich auf verschiedene Weise realisieren, etwa durch Verschieben des Zeitpunktes des Anfangszustandes, oder durch die Rechnung auf verschiedenen Computern. Hier werden nur geringfügig(st)e, in der Regel kleinskalige und kurzzeitige Differenzen in das System eingestellt, die sich aber wiederholt nach beliebiger Zeit für eine endliche Zeit zu großräumigen und langzeitigen Anomalien auswachsen können. Dieses Phänomen, auch bezeichnet als „intermittent divergence in phase space“, lässt sich gut im Rahmen des Hasselmann’schen „Stochastic Climate Model“ verstehen.

Die Gegenwart von Rauschen impliziert, dass in numerischen Experimenten, etwa zur Wirkung von Gezeiten im Falle von Randmeeren, statistische Hypothesentest erforderlich sind, um die Wirkung der experimentellen Modifikation herauszuarbeiten - eine Praxis, die bei globalen Modellen seit Jahrzehnten übliche Praxis ist. In einem Beispiel wird das Potential des „Stochastic Climate Model“ zur Wirkung von Gezeiten demonstriert.