

## WCRP Grand Challenge Projekt: Kohlenstoffrückkopplungen im Klimasystem

Es gibt natürliche Prozesse im Erdsystem, die der Atmosphäre das zusätzlich vom Menschen eingebrachte Kohlendioxid entziehen und damit helfen, den Klimawandel zu begrenzen. Diese Prozesse in den natürlichen biogeochemischen Kreisläufen und ihre Rückkopplungen können sich jedoch in einem wärmeren Klima abschwächen und damit den Klimawandel und seine Folgen eher verstärken. Wie sich der Kohlenstoffkreislauf und seine Rückkopplungen ändern werden, ist sehr unsicher.

Im neuen Grand Challenge Projekt "Kohlenstoffrückkopplungen im Klimasystem" des Weltklimaforschungsprogramms (WCRP) wollen die beteiligten Wissenschaftlergruppen aus aller Welt herausfinden, wie diese biogeochemischen Kreisläufe und Rückkopplungen auf die Kohlendioxidkonzentrationen Einfluss nehmen und damit das Klimasystem mit bestimmen.

Dazu stellen sich die Forscher unter der Projektleitung von Dr. Tatiana Ilyina, Leiterin der Gruppe "Biogeochemie des Ozeans" am Max-Planck-Institut für Meteorologie (MPI-M) und Prof. Pierre Friedlingstein von der University Exeter, UK, folgende Leitfragen:

- Welche Prozesse bestimmen die Kohlenstoffsinken an Land und im Ozean?
- Wie groß ist das Potential einer Verstärkung des Klimawandels im 21. Jahrhundert durch Klima-Kohlenstoffkreislauf-Rückkopplungen?
- Wie reagieren Treibhausgasflüsse aus hochempfindlichen Kohlenstoffspeichern auf den Klimawandel (Klimaextreme und abrupte Änderungen eingeschlossen)?

Tatiana Ilyina: "Unsere große Herausforderung wird sein, die Unsicherheiten in der Quantifizierung der Kohlenstoffrückkopplungen im Klimasystem zu reduzieren. Wir wollen einige sehr spezifische Fragen stellen, wie z.B.: Was ist die Rolle des Südlichen Ozeans bei der Kontrolle der Stärke und Veränderlichkeit der ozeanischen Kohlenstoffsinke? Oder, wie wirken sich Prozesse der CO<sub>2</sub>-Düngung und der Nährstofflimitierung auf die Effizienz der Land-Kohlenstoffsinke aus?"

### Hintergrund

Die biogeochemischen Kreisläufe des Ozeans und der Landoberfläche sind Schlüsselkomponenten des Klimasystems der Erde. Die Flüsse von vielen Treibhausgasen und Aerosolen werden durch biogeochemische und physikalische Prozesse bestimmt. Sie reagieren empfindlich auf Änderungen des Klimas und auf Änderungen der Zusammensetzung der Atmosphäre. Insbesondere wird die Konzentration der wichtigsten Treibhausgase in der Atmosphäre (Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>) und Stickoxide (N<sub>2</sub>O)) von biogeochemischen Prozessen bestimmt. So ist fünfmal mehr Kohlenstoff (C) in Pflanzen, Böden und in Permafrostböden gebunden als in der Atmosphäre. Der globale Ozean enthält sogar fünfzigmal mehr Kohlenstoff als die Atmosphäre. Laut dem globalen Kohlenstoffbudget von 2015 wurden seit 1870 400±20 Gigatonnen Kohlenstoff (GtC) durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe in die Atmosphäre eingebracht; durch Änderungen der Landnutzung kamen geschätzt weitere 145±50 GtC dazu. Von diesen durch den Menschen verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen verblieben 230±5 GtC in der Atmosphäre. Die Ozeane und die Landökosysteme nahmen jeweils 155±20 GtC und 160±60 GtC auf. Damit nahmen die Landoberfläche und die Ozeane ungefähr die Hälfte des von Menschen eingebrachten Kohlenstoffs auf und milderten den Kohlenstoffanstieg in der Atmosphäre und damit auch den Klimawandel ab. Ohne diese Kohlenstoffsinken wäre die aktuelle CO<sub>2</sub>-



*Abb.: Überblick über die biogeochemischen Prozesse und Rückkopplungen im Erdsystem. Zunehmende Emissionen aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe führen zur Zunahme der atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Konzentration mit einem Einfluss auf das physikalische Klimasystem (rote Pfeile). Biogeochemische Prozesse im Ozean und Land und der Austausch von Kohlenstoff mit der Atmosphäre werden direkt durch den Zustand des physikalischen Klimasystems beeinflusst (braune Pfeile) sowie die CO<sub>2</sub>-Konzentration durch die Aufnahme von CO<sub>2</sub> im Ozean und der CO<sub>2</sub>-Düngung der terrestrischen Vegetation (schwarze Pfeile). Andersherum beeinflussen Ozean und Land das Klima und das atmosphärische CO<sub>2</sub> durch biophysikalische und biogeochemische Rückkopplungen (dieselben braunen und schwarzen Pfeile). Zusätzlich werden die Land- und Ozeanreservoirs von Kohlenstoff und Nährstoffen durch ihren Transport vom Land in den Ozean beeinflusst (grauer Pfeil). Biogeochemische Prozesse im Ozean und an Land werden durch die atmosphärische Ablagerung beeinflusst (orange gestrichelte Pfeile); sie beeinflussen die Atmosphärenchemie durch Emissionen von Spurengasen (grau gestrichelte Pfeile) und haben dadurch weitere Auswirkungen auf das physikalische Klimasystem.*

### **Forschungsinitiativen und Koordination**

Das Grand Challenge Projekt wird in den nächsten 5-10 Jahren den drei Leitfragen mit vier Forschungsinitiativen nachgehen. Das Kick-off-Meeting findet vom 21. bis 22. November 2016 in Hamburg statt.

Die vier Initiativen zur Vertiefung des Verständnisses der biogeochemischen Prozesse - mit dem Ziel, die Klimaprojektionen zu verbessern - sind:

1. Prozessverständnis auf der Landoberfläche
2. Prozessverständnis im Ozean
3. Lernen aus existierenden Beobachtungsreihen
4. Hin zu verbesserten Projektionen

Ein wissenschaftliches Leitungskomitee von zehn weltweit führenden Experten auf ihrem Gebiet wird die Implementierung überwachen und klare Ziele und Arbeitspläne definieren. Das Komitee wird auch die Experten bestimmen, die die genannten Initiativen leiten werden. In Workshops werden kleine Gruppen von führenden Experten die Leitfragen und die Forschungsvorhaben inhaltlich zusammenführen und existierende Lücken identifizieren. Die Ergebnisse sollen in hochrangigen wissenschaftlichen Zeitschriften erscheinen.

### **Forschungsansätze**

Es gibt bereits viele Aktivitäten überall auf der Welt, die zu diesen vier Initiativen beitragen. Insbesondere sind dabei das Coupled Model Intercomparison Project (CMIP) und die Beiträge zu den Sachstandsberichten des IPCC zu nennen. In CMIP6 werden zahlreiche MIPs koordiniert, die auch für das Grand Challenge zu Kohlenstoffkreislaufrückkopplungen wichtig sind. Insbesondere die historischen Simulationen zur Kohlenstoffaufnahme von Land und Ozean sind dabei zu nennen.

Neben den Modellaktivitäten gibt es auch immer mehr Beobachtungsnetzwerke, die essentiell für das Prozessverständnis zu nutzen sind, und Beobachtungen zum Beispiel zu CO<sub>2</sub>-, Oberflächensalzgehalten und Vegetationsbedeckung liefern.

Modellentwicklung und -evaluation sind wichtig für dieses Grand Challenges Projekt. Das EU-Projekt CRESCENDO widmet sich der Verbesserung und der umfassenden Evaluation von terrestrischen und ozeanischen Komponenten in Erdsystemmodellen. In diesen werden zunehmend umfassendere Darstellungen des Stickstoffzyklus an Land und im Ozean sowie Darstellungen von Permafrost und Feuchtgebieten implementiert. Zudem werden zukünftig auch Austauschprozesse an der Grenzfläche zwischen Ozean und Land untersucht. Verbesserungen für die Darstellung der Biogeochemie werden durch neue hochauflösende Komponenten erzielt werden, die es erlauben, die kleinskalige physikalische Dynamik besser darzustellen.

Das Grand Challenge Projekt wird also weniger neue Initiativen starten als vielmehr vorhandene Anstrengungen verbessern, koordinieren und durch die Zusammenarbeit aller Experten befördern, um gemeinsam die Ziele des Grand Challenge "Kohlenstoffrückkopplungen im Klimasystem" zu erreichen.

**Mehr Informationen (in Englisch):**

WCRP: [www.wcrp-climate.org](http://www.wcrp-climate.org)

Grand Challenges (GC): [www.wcrp-climate.org/grand-challenges/grand-challenges-overview](http://www.wcrp-climate.org/grand-challenges/grand-challenges-overview)

GC zu Kohlenstoffrückkopplungen: [www.wcrp-climate.org/grand-challenges/gc-carbon-feedbacks](http://www.wcrp-climate.org/grand-challenges/gc-carbon-feedbacks)

**Kontakt:**

Dr. Tatiana Ilyina

Max-Planck-Institut für Meteorologie

Tel.: 040 41173 164

E-Mail: [tatiana.ilyina@mpimet.mpg.de](mailto:tatiana.ilyina@mpimet.mpg.de)