

Forschung am MPI-M zum 1,5-Grad-Ziel

Im November 2016 trat das Pariser Klimaschutzabkommen in Kraft. Mit ihm haben erstmals 196 Vertragsparteien vereinbart, die durch Treibhausgase verursachte Erderwärmung bis zum Ende des Jahrhunderts auf „deutlich unter“ 2 Grad Celsius gegenüber vorindustrieller Zeit zu beschränken. Zusätzlich sollen Anstrengungen unternommen werden, um den Temperaturanstieg möglichst auf 1,5 °C zu begrenzen. Das Ziel ist, die Risiken und Auswirkungen des Klimawandels entscheidend zu reduzieren (Pariser Abkommen, Artikel 2). Forscher*innen des Max-Planck-Instituts für Meteorologie haben kürzlich drei Publikationen veröffentlicht, in denen sie verschiedene Szenarios innerhalb dieser beiden Grenzen betrachten. Die Veröffentlichungen untersuchen das arktische Meereis, die interne Variabilität europäischer Sommertemperaturen sowie Klimaeffekte durch Veränderungen der Landoberfläche.

Die Zwei-Grad-Grenze ist ein Wert, bei dem angenommen wird, dass globale Schäden für Ökosysteme und die Nahrungsmittelproduktion noch reduziert werden können. In Folge des Pariser Vertrags wurde der Weltklimarat (IPCC) damit beauftragt, bis Herbst 2018 einen Sonderbericht zu Szenarien eines 1,5 °C-Ziels zu erstellen, um zu untersuchen, ob und wie dieses Ziel noch zu erreichen wäre. Einigkeit herrscht bereits darüber, dass grundsätzlich die Risiken und Auswirkungen bei 1,5 °C Klimaerwärmung erheblich geringer ausfallen als bei 2 °C. Erwärmt sich die Erde durchschnittlich stärker als diese zwei Grad, kommt es nach Meinung der Forscher*innen zu drastischen und unumkehrbaren Umweltveränderungen.

Arktisches Meereis

Das arktische Meereis ist in den letzten Jahrzehnten stark zurückgegangen, wobei der stärkste Rückgang im Spätsommer zu beobachten war. Da der beobachtete Meereisverlust eng mit der Erhöhung der globalen mittleren Temperatur und den anthropogenen CO₂-Emissionen verbunden ist, kann der Verlust von Meereis nur gestoppt werden, wenn die globale Erwärmung unter einen bestimmten Schwellenwert begrenzt wird.

Dr. Laura Niederdrenk und Dr. Dirk Notz untersuchen in ihrer Veröffentlichung die zukünftige Entwicklung des arktischen Meereises unter Szenarien geringer Erwärmung [1]. Sie stellen fest, dass der arktische Ozean — abhängig von den Beobachtungsdaten, die zur Abschätzung der zukünftigen Entwicklung des Meereises verwendet werden — in den meisten Sommern eisfrei sein wird, sobald die Temperaturen einen Schwellenwert zwischen 1,7 °C und 2,2 °C überschreiten. Die Hauptquelle der Unsicherheit für diesen Schwellenwert ist die Unsicherheit hinsichtlich der Beobachtungsdaten. Dies gilt sowohl für die aktuelle globale Erwärmung als auch für die beobachtete Meereisfläche. Diese Unsicherheit in den Beobachtungen dominiert die zusätzliche Unsicherheit, die durch interne Variabilität entsteht.

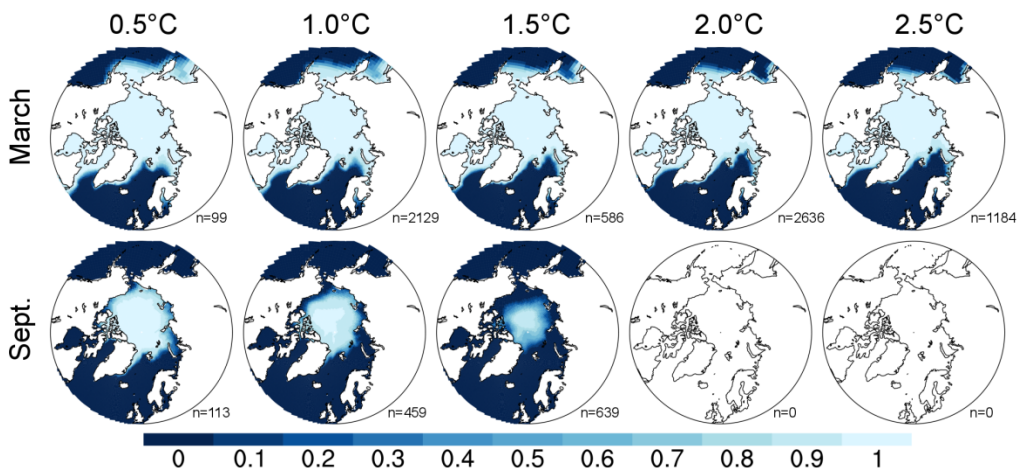


Abb. 1: Die Wahrscheinlichkeit einer Meereisbedeckung für einzelne Erwärmungsstufen, abgeschätzt mit Hilfe des Max-Planck-Institut Grand Ensembles. Für jede Erwärmungsstufe wurden alle Jahre (n) aus den Simulationen herangezogen, die eine globale Durchschnittstemperatur von ± 0.05 °C um diese Erwärmungsstufe haben. Die Abbildung zeigt für jedes Erwärmungsniveau für März und September den Anteil dieser ausgewählten Jahre, die eine Meereiskonzentration von mehr als 15 % in jeder Gitterzelle aufweisen.

Dr. Niederdrenk und Dr. Notz kombinieren erstmals die Beobachtungsdaten der globalen Mitteltemperatur und dem arktischen Meereisgebiet mit einem großen Ensemble von Klimamodellsimulationen, um die zukünftige Entwicklung des arktischen Meereises abzuschätzen. Sie verwenden hierfür das Max-Planck-Institut Grand Ensemble (MPI-GE), eine einzigartige Simulation mit hundert möglichen Realisationen des zukünftigen Klimas: Hundert Modellläufe desselben Modells gehen von unterschiedlichen Zeiten eines vorindustriellen Kontrolllaufs aus, werden aber von exakt den gleichen externen Antrieben beeinflusst. Dieser Ansatz liefert eindeutige Beschreibungen der simulierten internen Variabilität in einem sich ändernden Klima, ohne durch unterschiedliche Modellkonfigurationen beeinflusst zu sein. Dr. Niederdrenk und Dr. Notz sind zudem die Ersten, die auf die erhebliche Beobachtungsunsicherheit hinweisen und eine Wahrscheinlichkeitsverteilung für die künftige Ausdehnung des arktischen Meereises in allen Monaten des Jahres angeben. Alle anderen Studien zum arktischen Meereis bei niedrigen Erwärmungsraten untersuchen nur die Entwicklung des sommerlichen Meereises.

Sie finden heraus, dass es für das arktische Meereis wichtig ist, ob die globale Erwärmung auf 1,5 °C oder 2,0 °C begrenzt ist: Die Wahrscheinlichkeit eines vollständigen Eisverlustes im Sommer ist bei einer globalen Erwärmung von 2,0 °C deutlich erhöht. „Dies ist von Bedeutung, da Meereis möglicherweise der einzige Faktor im Klimasystem ist, bei dem dieser Unterschied in der Erwärmung nicht nur einen stufenweisen Unterschied darstellt, sondern zwischen Bestehen und Vergehen entscheiden kann“, sagt Dr. Laura Niederdrenk.

Interne Variabilität europäischer Sommertemperaturen

In ihrer Veröffentlichung untersuchen Laura Suarez-Gutierrez, Dr. Chao Li, Dr. Wolfgang Müller und Prof. Jochem Marotzke, inwieweit extreme europäische Sommertemperaturen, wie sie bei 2 °C globaler Erwärmung auftreten, in einer 1,5 °C wärmeren Welt vermieden werden könnten [2]. Sie analysieren also, inwieweit extreme europäische Sommertemperaturen durch Begrenzung der globalen Erwärmung auf die globalen Mitteltemperaturgrenzen des Pariser Abkommens kontrolliert werden könnten. Um die Kontrollierbarkeit der europäischen Sommertemperaturen durch globale Mitteltemperaturgrenzen zu beurteilen, ist es notwendig, die nicht reduzierbare Unsicherheit, die sich aus der chaotischen internen Variabilität des Klimasystems ergibt, so gut wie möglich zu erfassen. Die Forscher*innen verwenden hierfür das Max-Planck-Institut Grand Ensemble.

Die Veröffentlichung bietet eine neue Perspektive, da sie sich nicht nur auf die Unterschiede des durchschnittlichen Klimas bei 1,5 °C und 2 °C globaler Erwärmung konzentriert, sondern vielmehr die gesamte Bandbreite möglicher europäischer Sommertemperaturen unter beiden Klimazielen betrachtet, die durch interne Variabilität entstehen. Mit dem MPI-GE haben die Forscher*innen den gesamten Bereich der nicht reduzierbaren Unsicherheit untersucht und festgestellt, dass nur 10 % der extremen Sommertemperaturen bei 2 °C durch die Begrenzung der globalen Erwärmung auf 1,5 °C vermieden werden können. Obwohl nur 10 % der extremen Temperaturen vermieden werden könnten, würden diese Ereignisse den extremsten und stärksten Hitzewellen entsprechen, jenen mit den schwerwiegendsten Folgen. Die Forscher*innen stellen außerdem fest, dass aufgrund des starken Einflusses der internen Variabilität nur 40 % der Sommermonate bei 1,5 °C Erwärmung Temperaturen aufweisen, die von jenen bei 2 °C der globalen Erwärmung unterscheidbar sind.

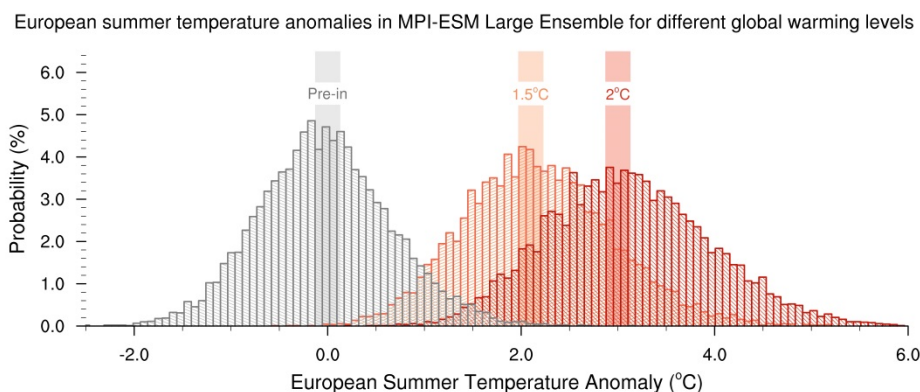


Abb. 2: Abweichungen der europäischen Sommertemperatur im MPI-ESM Large Ensemble für verschiedene globale Erwärmungsstufen.

„Um Anpassungs- und Klimaschutzstrategien zu entwickeln, die ausreichend und erfolgreich sind, müssen wir die Bedeutung der nicht reduzierbaren Unsicherheit durch die interne Variabilität sowie die begrenzte Kontrollierbarkeit extremer Temperaturereignisse durch die Festlegung globaler Mitteltemperaturgrenzen verstehen“, sagt Leitautorin Laura Suarez-Gutierrez.

Klimatische Auswirkungen durch Veränderungen der Landoberfläche

Landnutzung hat nachweislich einen starken Einfluss auf das regionale Klima. Mit der Verpflichtung, die globale Erwärmung auf deutlich unter 2 °C zu begrenzen, müssen die Emissionsminderungen beträchtlich sein. Eine Strategie hierfür könnten erhebliche Änderungen der Landnutzung sein, um Kohlendioxid zu binden. Dazu könnten Aufforstung und der Ausbau von Nutzpflanzen für die Bioenergieproduktion gehören. Dr. Lena Boysen und Prof. Victor Brovkin vergleichen zusammen mit anderen Kolleginnen und Kollegen, wie sich Temperaturextreme entwickeln, wenn die Landoberfläche durch Landnutzung verändert wird [3].

In ihrer Studie stellen die Forscher*innen fest, dass die Wahl des Landnutzungsszenarios zur Erreichung des 1,5-Grad-Ziels, z.B. durch Aufforstung oder Bioenergiepflanzenanbau, großen Einfluss auf die Entwicklung von Temperaturextremen haben kann. So könnten sich diese Extreme ähnlich stark verändern wie in einer bereits 0,5 °C wärmeren Welt erwartet wird, vor allem in der nördlichen Hemisphäre (Abb. 3). Die Veränderungen regionaler Temperaturextreme durch gezielte Modifikationen der Landoberflächeneigenschaften müssen daher noch weiter erforscht werden.

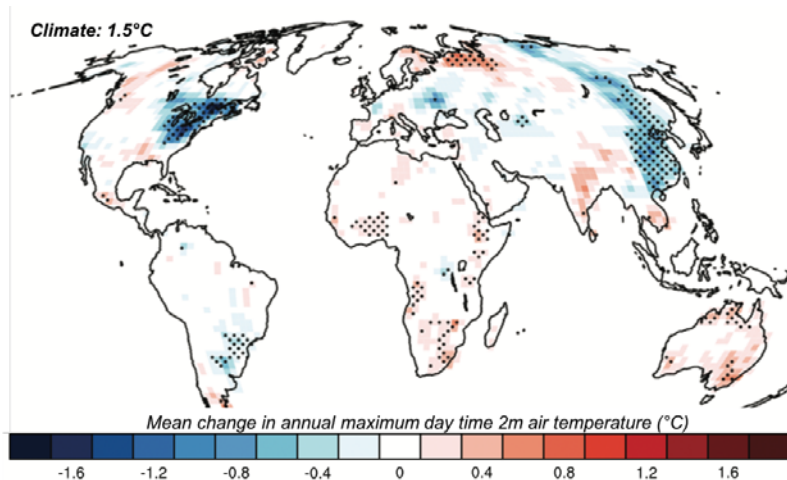


Abb. 3: Mittlere Veränderung der jährlichen 2m-Tageshöchsttemperatur als Reaktion auf die Modifikation der Landbedeckung, die sich entweder auf Aufforstung oder den Ausbau von Bioenergiepflanzen konzentriert. Gezeigt wird das Ergebnis des Erdsystemmodells ECHAM6.3.

Die Forscher*innen sind die Ersten, die zwei Landnutzungsänderungsszenarien verwenden, die speziell für das 1,5-Grad-Ziel entwickelt wurden, nämlich zwei Varianten des RCP1.9. Um den Einfluss von Landnutzungsänderungen auf das lokale Klima bestimmen zu können, haben sie ein Multi-Modell-Experiment durchgeführt: **Half a degree additional warming, prognosis, and projected impacts-land use scenario experiment (HAPPI-Land)**.

“Im Erdsystemmodell ECHAM6.3 verringert die Waldausdehnung in Nordamerika in einem der Szenarien die Stärke der extremen Temperaturen deutlich im Vergleich zum extensiven Biopflanzenanbau des anderen Szenarios. Dies ist ein positiver Effekt von Aufforstung“, meint Lena Boysen.

Die Forscher*innen betonen, dass die physikalischen Klimaeffekte durch Landnutzung bisher im Prozess der Szenarioentwicklung, bei denen der Schwerpunkt auf sozioökonomischen Annahmen und der Entwicklung von CO₂-Emissionen liegt, nicht berücksichtigt werden. Sie stellen außerdem fest, dass Modellvergleichsprojekte zur Landnutzung, wie im Rahmen des Projekts [Land-Use Model Intercomparison Project](#) (LUMIP), unerlässlich sind, um unser Verständnis der biogeophysikalischen Auswirkungen vergangener und zukünftiger Landnutzungsstrategien zu verbessern.

Veröffentlichungen:

[1] Niederdrenk, A. L., & Notz, D. (2018). Arctic sea ice in a 1.5°C warmer world. *Geophysical Research Letters*, 45, 1963-1971. doi:10.1002/2017GL076159.

[2] Suarez-Gutierrez, L., Li, C., Müller, W. A., & Marotzke, J. (2018). Internal variability in European summer temperatures at 1,5°C and 2°C of global warming. *Environmental Research Letters*, accepted manuscript available online. doi:10.1088/1748-9326/aaba58.

[3] Hirsch, A. L., Guillod, B., Seneviratne, S., Beyerly, U., Boysen, L., Brovkin, V., et al. (2018). Biogeophysical impacts of land use change on climate extremes in low emission scenarios: Results from HAPPI-Land. *Earth's Future*, 6, 396-409. doi:10.1002/2017EF000744.

Kontakt:

Dr. Lena Boysen
Max-Planck-Institut für Meteorologie
Tel.: 040 41173 293
E-Mail: lena.boysen@mpimet.mpg.de

Prof. Victor Brovkin
Max-Planck-Institut für Meteorologie
Tel.: 040 41173 339
E-Mail: victor.brovkin@mpimet.mpg.de

Dr. Chao Li
Max-Planck-Institut für Meteorologie
Tel.: 040 41173 458
E-Mail: chao.li@mpimet.mpg.de

Prof. Jochem Marotzke
Max-Planck-Institut für Meteorologie
Tel.: 040 41173 311 (Assistentin Kornelia Müller)
E-Mail: jochem.marotzke@mpimet.mpg.de

Dr. Wolfgang Müller
Max-Planck-Institut für Meteorologie
Tel.: 040 41173 370
E-Mail: wolfgang.mueller@mpimet.mpg.de

Dr. Laura Niederdrenk
Max-Planck-Institut für Meteorologie
Tel.: 040 41173 205
E-Mail: laura.niederdrenk@mpimet.mpg.de

Dr. Dirk Notz
Max-Planck-Institut für Meteorologie
Tel.: 040 41173 163
E-Mail: dirk.notz@mpimet.mpg.de

Laura Suarez-Gutierrez
Max-Planck-Institut für Meteorologie
Tel.: 040 41173 162
E-Mail: laura.suarez@mpimet.mpg.de