

Forschungsthema des Monats August 2016: Topic 6 Modellierung und Verständnis extremer meteorologischer Ereignisse

Nordatlantische Sommerstürme und ihr Einfluss auf die interne Klimavariabilität in Europa

Die komplexe Dynamik der Atmosphäre führt zu Schwankungen in ihrer mittleren Temperatur und ihren weiteren statistischen Eigenschaften. Diese Klimavariabilität kann durch externe und interne Faktoren verursacht oder beeinflusst werden. Zu den externen Faktoren zählen z.B. Treibhausabgase, veränderte Sonneneinstrahlung oder Vulkanausbrüche, die durch Aerosole den Strahlungshaushalt verändern. Diese bestimmen größtenteils die Schwankungen der mittleren Temperatur auf kontinentaler Skala. Auf subkontinentaler Ebene werden die externen Einflüsse auf die Temperatur jedoch stark von internen Prozessen im Klimasystem überlagert. Eine aktuelle Studie mit REKLIM-Beteiligung (Gagen et al., 2016) hat nun den Einfluss nordatlantischer Tiefdrucksysteme auf diese interne Variabilität des europäischen Sommerklimas des letzten Jahrtausends untersucht.

Um statistisch möglichst robuste Ergebnisse zu erzielen, wurden paläoklimatologische Daten aus verschiedenen Quellen benutzt:

1. Proxydaten, die die Sommertemperaturen der letzten 800 Jahre hauptsächlich aus Baumringen rekonstruieren
2. Paläoklimasimulationen der Atmosphäre aus zwei Modellen für die Jahre AD 800 bis 1850 und 1850 bis 2005
3. Beobachtungen der Temperatur, die bis 1850 zurückreichen

Aus diesen Daten wurde jeweils der meridionale Gradient aus der Regression der breitengradgemittelten Sommertemperatur über Europa abgeleitet und analysiert. MTG steht hier für den meridionalen Temperaturgradienten im Modell, MPG für den meridionalen Temperaturgradienten in den Proxydaten. Der MTG/MPG ist unabhängig von der mittleren jährlichen Sommertemperatur und die beiden Zeitserien haben eine niedrige Korrelation (Abb. 1a,b). Insbesondere die Extrema des MTG können keinen bekannten externen Ereignissen zugeordnet werden. Folglich ist er unabhängig von den externen Einflussfaktoren und wird daher als Indikator für die interne Variabilität genutzt.

Anders sieht der Zusammenhang des MTG mit dem räumlichen Muster der Oberflächentemperatur aus. Aus Abbildung 1c geht hervor, dass Nordeuropa kälter und/oder Südeuropa wärmer als normal ist, wenn dieser Gradient stärker ausgeprägt ist; wenn Nordeuropa wärmer und/oder Südeuropa kälter ist, ist er hingegen weniger stark.

Außerdem besteht ein umgekehrter Zusammenhang zum Niederschlag (Abb. 1d). Regionen mit niedrigerer/höherer Temperatur als normal erhalten mehr/weniger Niederschlag. Dasselbe gilt für den Vergleich mit der synoptischen Aktivität (Abb. 1e) und gibt einen ersten Hinweis darauf, dass der MTG mit der Sturmaktivität verbunden ist. Diese Zusammenhänge wurden in der Publikation auch durch die kürzeren Beobachtungsdaten bestätigt.

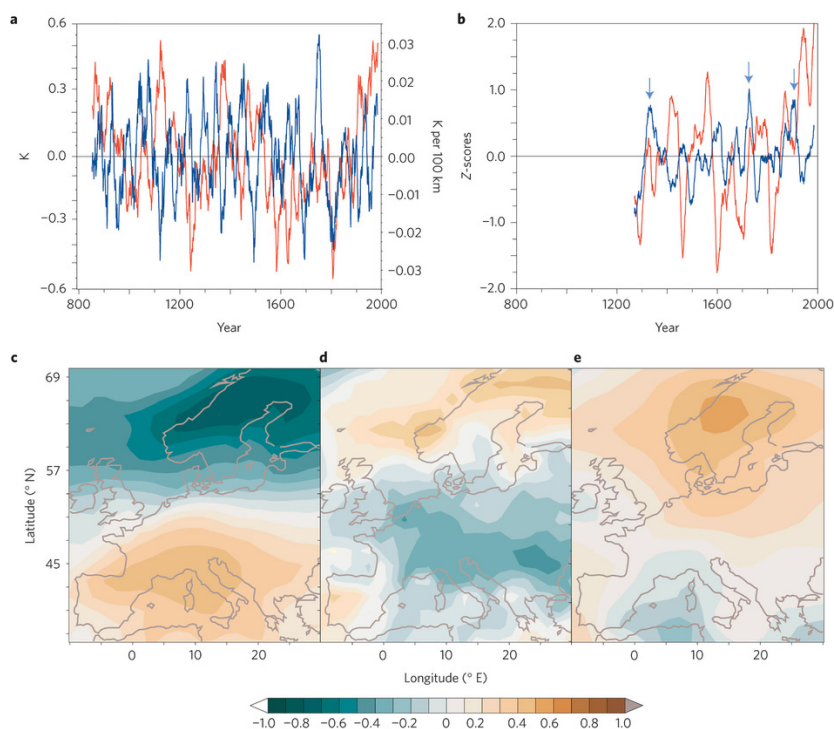


Abb. 1: Räumlich-zeitliche Struktur des mittleren meridionalen Gradienten der europäischen Oberflächentemperatur im Sommer (Juni, Juli, August: JJA) in den Simulationen (MPI-ESM-P, AD 850–2005) und den Proxydaten.

a: normalisierte mittlere JJA Temperatur (rot) und MTG (blau, 21-jahre Tiefpass gefiltert) aus den Simulationen. b: normalisierte mittlere JJA Temperatur (rot) und MPG (blau) aus den Proxydaten. Die Pfeile kennzeichnen Anomalien der Jahre 1310, 1730 und 1910. c–e: räumliche Korrelation zwischen simuliertem MTG und Oberflächentemperatur (c), Niederschlag (d) und synoptischer Aktivität (Hochpass gefilterte (2–6 Tage) Varianz des täglichen Bodendrucks) (e).

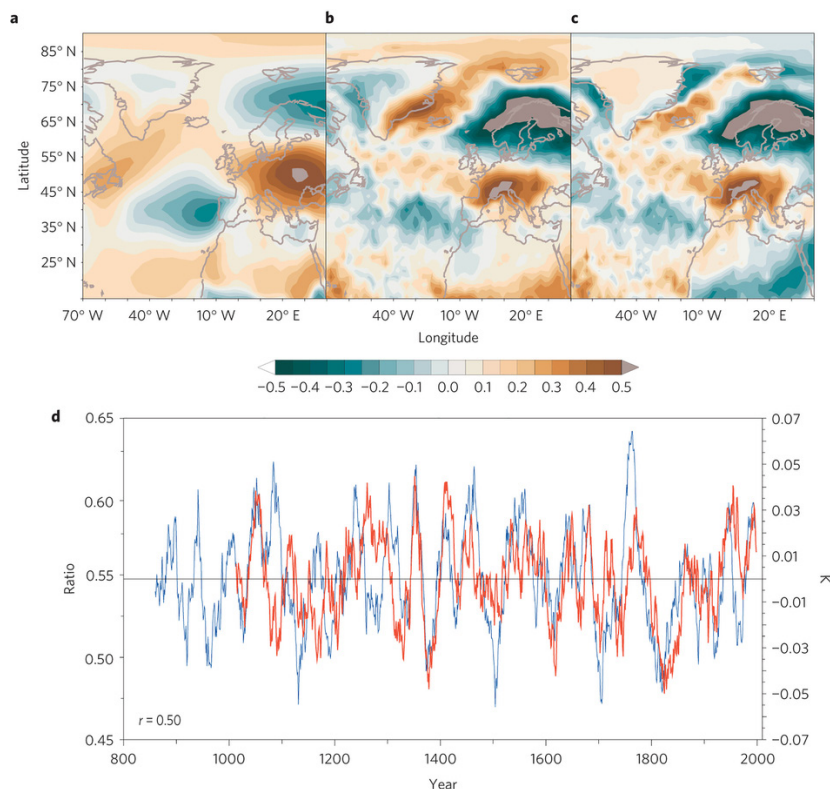


Abb. 2: Zusammenhang verschiedener Klimavariablen mit dem simulierten MTG im Sommer (JJA, MPI-ESM-P, AD 850-2005).

a: Korrelation der MTG Zeitserie mit dem Bodendruck über dem Nord Atlantik und Europa.
 b: Räumliche Korrelation des MTG mit am Boden ankommender kurzwelliger Sonnenstrahlung.
 c: Räumliche Korrelation des MTG mit der emittierten Gesamtstrahlung an der oberen Atmosphäre (kurz- und langwellig, negative Werte kennzeichnen einen Strahlungsverlust).
 d: Zeitserie des Verhältnisses zwischen der Anzahl der Stürme in Nord- und Südeuropa (rot) und des MTG (blau). Alle Zeitserien wurden mit einem 21 Jahre Tiefpassfilter geglättet.

Die Verbindung zu der synoptischen Aktivität wurde im Folgenden mit der Paläoklimasimulation des Modells MPI-ESM-P (Giorgetta et al., 2013) von 850-2005 AD genauer untersucht (Abb. 2). Die Abbildungen 2a-c zeigen, dass ein stärkerer MTG (Norden kälter/Süden wärmer) mit niedrigerem Bodendruck als Indikator für eine erhöhte Anzahl nordatlantischer Tiefdrucksysteme im Norden einhergeht, mit niedrigerer Energiezufuhr durch eintreffende Sonneneinstrahlung auf dem Boden, und mehr ins Weltall reflektierter Strahlung. Der Einfluss auf den Strahlungshaushalt ergibt sich aus der starken Bewölkung, die die Tiefdrucksysteme mit sich bringen. Diese reflektiert einen Großteil der ankommenden Sonnenstrahlung, sodass weniger davon am Boden ankommt und die unteren Luftschichten erwärmt.

Noch genauer wird der Zusammenhang zwischen der meridionalen Position der Tiefdrucksysteme und ihrem Einfluss auf den MTG in Abbildung 2d deutlich. Mit einem auf Zahn und von Storch (2008) basierenden Algorithmus wurden einzelne Stürme in den 6 stündigen Daten der MPI-ESM-P Simulation detektiert. Für jeden Sommer wurde die Anzahl detektiertes Tiefdrucksysteme nördlich und südlich einer Breite von 52.5° gezählt. An ungefähr diesem Breitengrad ist die Korrelation zwischen MTG und der Temperatur null, d.h. es gibt keinen statistischen Zusammenhang dieser beiden Größen. Das mittlere Verhältnis von nördlichen zu südlichen Tiefdrucksystemen ist ca. 0.55. Ist dieser Quotient größer, erreichen mehr Tiefdrucksysteme als normal den Norden Europas und umgekehrt. Die Korrelation der beiden Zeitserien in Abbildung 2d ist hoch und unterstreicht den Zusammenhang zwischen der meridionalen Position der Tiefdrucksysteme eines Sommers und dem Temperaturgradienten. Ihr Zusammenhang mit der mittleren Temperatur und den externen Einflüssen ist hingegen niedrig.

Zusammenfassung:

In einer internationalen Studie mit REKLIM-Beteiligung wird die interne Variabilität der europäischen Temperatur durch ihren meridionalen Gradienten beschrieben. Im Untersuchungszeitraum der letzten 1200 Jahre hat dessen Ausprägung variiert und damit den externen Einfluss auf die lokale Temperatur überlagert. Es gibt einen starken Zusammenhang zwischen der Ausprägung des meridionalen Temperaturgradienten im Modell und der mittleren Breite der nordatlantischen Stürme. Die nordatlantischen Stürme bestimmen somit wesentlich die interne Temperaturvariabilität in Europa.

Ansprechpartner:

Dr. Matthias Zahn
 Institut für Küstenforschung
 Helmholtz-Zentrum Geesthacht
 Matthias.Zahn@hzg.de
<http://mzahn.net/>



Weitere Informationen zu Matthias Zahn: <http://www.reklim.de/der-verbund/nachwuchswissenschaftler-im-verbund.html>

Referenzen:

Gagen, M. H., E. Zorita., D. McCarroll, M. Zahn, G. H. F. Young and I. Robertson(2016): North Atlantic summer storm tracks over Europe dominated by internal variability over the past millennium. *Nature Geoscience*, 9, 630-635, <http://dx.doi.org/10.1038/ngeo2752>
 Giorgetta, M. A. and 38 co-authors (2013): Climate and carbon cycle changes from 1850 to 2100 in MPI-ESM simulations for the Coupled Model Intercomparison Project phase 5. *J. Adv. Model. Earth Syst.* 5, 572-597, doi:10.1002/jame.20038.
 Zahn, M. and H. von Storch, (2008): Tracking Polar Lows in CLM, *Meteorologische Zeitschrift*, 17 (4), 445-453.