

Projekt:: 371

Projekt Titel: **Hochaufgelöste initialisierte dekadische Vorhersagen atlantischer und europäischer Klimavariationen (HIPRED)**

J. Marotzke, J. Jungclaus, D. Matei

Zusammenfassung

Das Ziel dieses Projektes ist es, interannuale bis dekadische Variabilität und Vorhersagbarkeit der atlantischen Zirkulation und der von ihr beeinflussten Regionen (Europa, Europäisches Nordmeer) in einem gekoppelten Modell mit bisher nicht erreichter Auflösung im Ozean zu untersuchen. Sensitivitätsstudien und Analysen bestehender Simulationen (Hindcasts und Vorhersagen) sollen die Rolle der Darstellung von Prozessen im Ozean und bei der Ozean-Atmosphäre Wechselwirkung beleuchten. Im Einzelnen verwenden wir Ozeanmodellversionen mit wirbel-erlaubenden (eddy-permitting) und wirbel-auflösenden (eddy-resolving) Rechengittern. Es wird erwartet, dass eine bessere Darstellung der Ozeandynamik sowie von Wirbeln und Fronten zu einer Verbesserung der Vorhersagequalität für die nächste Dekade führt.

Mechanismen und Vorhersagbarkeit der Nordatlantischen Variabilität

In einer Studie (Lohmann und Matei, 2015) untersuchen wir die Rolle der Ozeandynamik für die Vorhersagbarkeit von klimatisch wichtigen Größen im subpolaren Nordatlantik, die weitreichende Auswirkungen nicht nur auf das Klima sondern auch auf wirtschaftliche und gesellschaftliche Mechanismen haben (Park et al., 2015). Wir konzentrieren uns dabei auf die Vorhersagbarkeit der Stärke des Subpolarwirbels (SPG) im Nordatlantik, der einen kontrollierenden Einfluss auf den meridionalen Wärmetransport im Ozean und auf Ozean-Atmosphäre Wechselwirkungen hat. Generell diagnostizieren wir, dass sowohl das Flächenmittel als auch die Maximalstärke bis zu zwei Jahre vorhersagbar sind. Darüber hinaus finden wir, dass der Verlauf der starken Variation der 1990er Jahre von allen retrospektiven Ensemblevorhersagen reproduziert wird, die wir in den Jahren 1993 bis 1998 starten (Abb.1 Links). Der Nachweis einer verbesserten mehrjährigen Vorhersagbarkeit eines Ereignisses wie der starken Abschwächung des Subpolarwirbels ist von weitreichender Bedeutung, da der Übergang zu einem schwächeren und wärmeren Subpolarwirbel Konsequenzen nicht nur für das regionale Klima sondern auch für die biologische Produktivität impliziert (e.g., Hatun et al. 2009).

In Kooperation mit dem EU Projekt NACLIM haben wir die Vorhersagbarkeit der SSTs im Europäischen Nordmeer und in der Barents See untersucht (Langehaug et al., 2015). Dies sind Schlüsselregionen für den Austausch zwischen Atlantik und Arktis. Mit Schwerpunkt auf die atlantisch-beeinflusste Domäne dieser Regionen analysieren wir retrospektive Vorhersagen von mehreren Modellen aus dem CMIP5 Archiv. Von den untersuchten Modellen zeigt nur MPI-ESM-LR signifikante Verbesserungen der Vorhersagegüte in initialisierten Simulationen. Wir finden Vorhersageverbesserungen sowohl für den Horizont von ein bis drei Jahren, als auch für die zweite Pentade. Die Vorhersagegüte ist besser als die durch Persistenz zu erwartende, woraus wir schließen, dass die Ozeandynamik, vor allem im subpolaren Atlantik, auch hier eine wichtige Rolle spielt: Die beste Vorhersagegüte finden wir dort, wo SST Anomalien mit dem Atlantikwasser advehiert werden (Abb.1 Rechts). Eine weitere Verfeinerung des Modells durch bessere Gitterauflösung könnte zu einer weiteren Steigerung des Vorhersagepotentials führen.

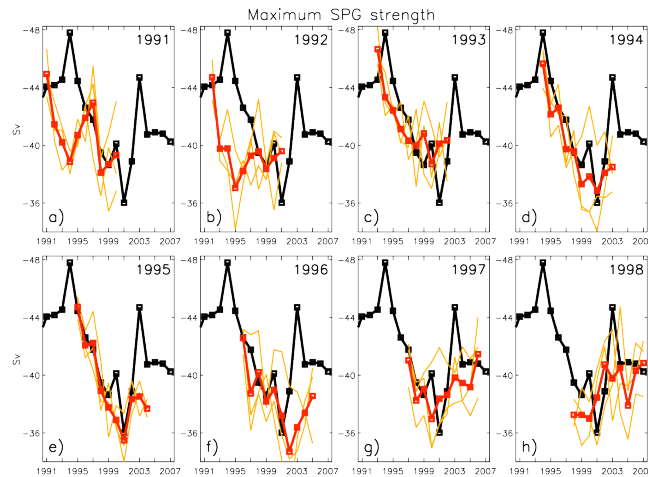
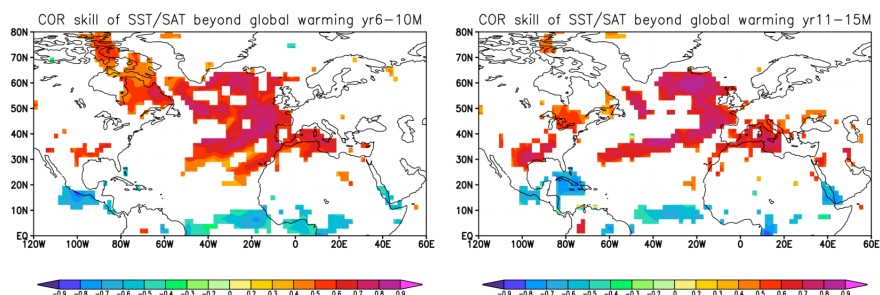


Abb. 1 Links: Stärke (jährliche Mittel) des Subpolarwirbels (SPG) für die Assimilationslauf (schwarze Linie) und die individuellen Ensemblemitglieder (orange Linien) sowie das Ensemblemittel (rote Linie) für Anfangsjahre 1990 (a) bis 1998 (h). Die Stärke ist definiert als das räumliche Minimum der barotropen Stromfunktion im subpolaren Nordatlantik. Die Ausrichtung der y-Achse ist umgekehrt zur sonst üblichen Darstellung, da das Vorzeichen des zyklonalen Wirbels negativ ist. (Lohmann and Matei, 2015) **Rechts:** Vorhersagegüte der winterlichen SST in MPI-ESM-LR: Korrelationskoeffizienten zwischen retrospektiver Vorhersage und den Beobachtungsdaten (HadISST) für den Vorhersagezeitraum von 6 bis 8 Jahren. Gepunktete Regionen erfüllen das 5% Signifikanzkriterium. In weiß gefüllten Regionen sind keine HadISST-Daten vorhanden oder die Gebiete sind vollständig eisbedeckt (Langehaug et al., 2015).

Verlängerung des Vorhersagehorizontes in die zweite Dekade

Obwohl Anzeichen aus Untersuchungen zur potentiellen Vorhersagbarkeit auf Zeithorizonte von Dekaden schließen lassen, beschränkten sich Studien zur mittelfristigen Vorhersage in der Regel auf einen Vorhersagezeitraum bis zu zehn Jahren (Meehl et al., 2014). In RACE-I untersuchten wir, ob sich das Fenster der Vorhersagen für bestimmte Variablen in die zweite Dekade ausdehnen lässt. Wir benutzen dafür das MPI-ESM in seiner CMIP5 Konfiguration für dekadische Vorhersagen und initialisierten mit Daten aus einem angetriebenen MPIOM Ozeanmodelllauf (Matei et al., 2012a,b) für die Jahre 1948-2012. Wir konzentrieren uns dabei auf den Nordatlantik, wo wir robuste Verbesserungen der Vorhersagegüte und wichtige Implikationen für das europäische Klima erwarten können. Tatsächlich finden wir, dass die aus potentiellen Vorhersagbarkeitsstudien bekannten Vorhersageverbesserungen über die gesamten 20 Jahre signifikant bleiben (Matei et al., 2015, Abb.2 Ober). Dies gilt für den Bereich des Subpolarwirbels, dem östlichen subtropischen Atlantik und dem westlichen Mittelmeerraum, wobei die besten Vorhersagegüten für Sommer und Herbst erreicht werden. Wir diagnostizieren die Vorhersagbarkeit nicht nur für die SST sondern auch für Wärmeinhaltsänderungen im oberen Ozean und Salzgehaltsänderungen.



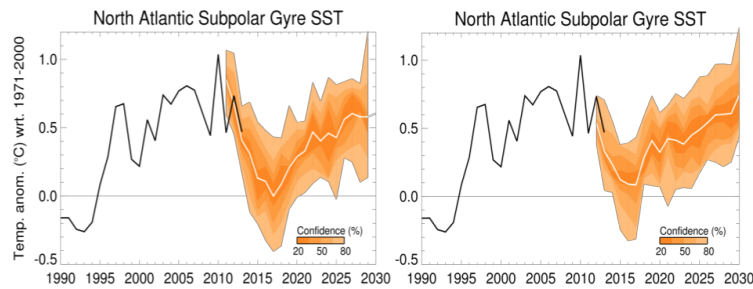


Abb. 2 obere Reihe: Vorhersagbarkeit der SST über den globalen Erwärmungstrend hinaus. Anomaliekorrelationskoeffizient zwischen zeitlichen Veränderungen der SST in Beobachtungen (HadISST) und den retrospektiven Vorhersagen (Hindcasts) für eine Vorhersagezeit von 6-10 (links) und 11-15 (rechts) Jahren. Nur signifikante Korrelationen (5%-level) sind dargestellt. **Untere Reihe:** Anomalievorhersage für die Oberflächentemperatur der Region des Subpolarwirbels (im Nordatlantik) für die (links) am 1. Januar 2011 und (rechts) am 1. Januar 2012 initialisierte Vorhersage. Im schattierten Bereich zeigt die weiße Linie das Ensemblemittel und Orange den Konfidenzbereich der Vorhersage. Zum Vergleich sind auch Beobachtungen aus dem HadISST-Datensatz (schwarz) dargestellt. (Matei et al., 2015)

Unsere Studie steht im Einklang mit neueren Beobachtungsergebnissen, die zeigen, dass der integrierte Effekt der Nordatlantischen Oszillation im Ozean für Vorhersagemöglichkeiten der AMV von bis zu 10-15 Jahren führt (Li et al., 2013). Nach unserer dekadische Vorhersage ist eine substantielle Abkühlung im Bereich des Subpolarwirbels über die nächsten Jahre zu erwarten (Matei et al., 2015, Abb.2 Unter), die durch eine Verminderung der ozeanischen Wärmetransportkonvergenz im Subpolarwirbel verursacht wird. Ein solcher kühlerer SPG Bereich könnte deutliche klimatische Auswirkungen auf den nordatlantisch/europäischen Sektor haben. So könnte der Trend zu häufigeren tropischen Wirbelstürmen wieder abnehmen oder es könnte über Europa feuchtere und wärmere Sommer vorherrschen. Abrupte Übergänge wie derjenige zu einer persistent negativen AMV Phase sind allerdings nach unserer Ensemblevorhersage über die nächsten 20 Jahre nicht zu erwarten.

Literatur

- Hátún H, Payne M, Beaugrand G, Reid PC, Sandø AB, Drange H, Hansen B, Jacobsen J, Bloch D, 2009: Large bio-geographical shifts in the northeastern Atlantic: From the subpolar gyre, via plankton and blue whiting, to pilot whales. *Progress in Oceanography*, 80, 149-162.
- H. R. Langehaug, D. Matei, T. Eldevik, K. Lohmann, Y. Gao: Predictability of sea surface temperature and sea ice in the Nordic Seas. (in revisions for *Climate Dynamics*)
- Li, J., C. Sun, and F.-F. Jin, 2013: NAO implicated as a predictor of Northern Hemisphere mean temperature multidecadal variability, *Geophys. Res. Lett.*, 40, 5497–5502, doi:10.1002/2013GL057877.
- Lohmann, K. and D. Matei, 2015: Predictability of subpolar gyre strength with focus on the mid-1990s. (to be submitted to *Climate Dynamics*).
- Matei, D., J. Baehr, J. H. Jungclaus, H. Haak, W.A. Müller, W., and J. Marotzke, 2012a: Multiyear prediction of monthly mean Atlantic Meridional Overturning Circulation at 26.5°N. *Science*, 335(6064), 76-79.
- Matei, D., H. Pohlmann, J. Jungclaus, W. Müller, H. Haak, and J. Marotzke, 2012b: Two tales of initializing decadal climate predictions experiments with the ECHAM5/MPI-OM model. *J. Climate*, 25, 8502-8523, doi:10.1175/JCLI-D-11-00633.1.
- Matei D. et al., 2015: Skillful North Atlantic predictability extends beyond decadal time scale. (in preparation).
- Meehl et al., 2014: Decadal climate prediction: An update from the trenches. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 95, 243-267, doi:10.1175/BAMS-D-12-00241.1.
- Park, J.-Y, Bader, J., and Matei, D., 2015: Northern-hemispheric differential warming is the key to understanding the discrepancies in the projected Sahel rainfall. *Nature Communications*, 5:5985, doi: 10.1038/ncomms6985.
- Scaife, A. A., et al. (2014), Skillful long-range prediction of European and North American winters. *Geophys. Res. Lett.*, 41, 2514–1519, doi: 10.1002/2014GL059637.