



## DER EINFLUSS DES ARKTISCHEN MEEREISES AUF DAS WETTER UND KLIMA IN EUROPA

# Klima

### Was haben die Veränderungen in der Arktis mit uns zu tun?

Die Atmosphäre und der Ozean sind in der Lage, Signale über große Distanzen zu transportieren. Das heißt, Klimaanomalien an einem Ort können Auswirkungen auf das Wetter und Klima in fernen Regionen haben. Die bekanntesten Fernwirkungen entfaltet das El Niño Phänomen im tropischen Pazifik. Es hat sich gezeigt, dass El Niño sogar einen Einfluss auf das Winterklima in Europa hat.

Die südliche Grenze des arktischen Meereises ist nicht weiter als 3000 Kilometer von Berlin entfernt. Die Tatsache, dass sich in der nördlichen Nachbarschaft Europas, die weltweit wohl stärksten Klimaänderungen abspielen - der Rückgang des arktischen Meereises - legt die Frage nahe, welche Konsequenzen der Klimawandel für das Wetter und Klima in Europa haben wird.

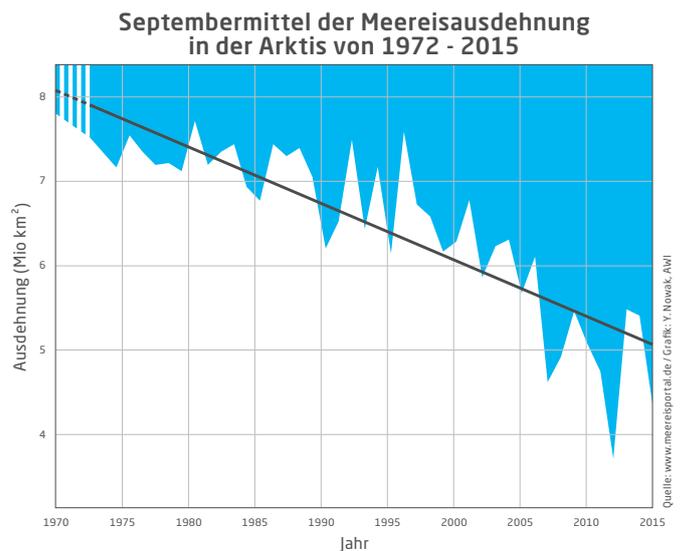
### Welche Veränderungen beobachten wir konkret?

Das arktische Meereis hat sich in den vergangenen Jahrzehnten fundamental verändert:

- Die Meereisdicke hat sich in den vergangenen 50 Jahren halbiert (siehe dazu: AWI-Fact Sheet Meereis).
- Die Ausdehnung des arktischen Meereises im Mo-

nat September (Meereisminimum zum Sommerende) hat sich seit dem Jahr 1979 ebenfalls halbiert.

- Die vergangenen 8 Sommer waren die Sommer mit der geringsten Meereisausdehnung, seit es Satellitenbeobachtungen gibt.



Projektionen mit Klimamodellen deuten darauf hin, dass die Arktis ab Mitte bis Ende des 21. Jahrhunderts während der Sommermonate praktisch eisfrei sein wird.

Während die Winter in Europa im Zeitraum von 1960 bis 1990 tendenziell milder geworden sind, beobachtet man in den vergangenen Jahren eine umgekehrte Entwicklung: Die europäischen Winter werden wieder kälter. So gehörten die Winter der Jahre 2005/06, 2009/10 und 2012/13 zu den kältesten in Mitteleuropa seit den 1960er Jahren.

Der simultane starke Rückgang des arktischen Meereises der vergangenen Jahre und das zeitgleiche vermehrte Auftreten von kalten Wintern in Europa legen die Frage nahe, ob es einen ursächlichen Zusammenhang gibt. Weiterhin stellt sich die Frage ob das Auftreten von kalten Wintern im Widerspruch zu einer menschlich bedingten Klimaerwärmung steht.

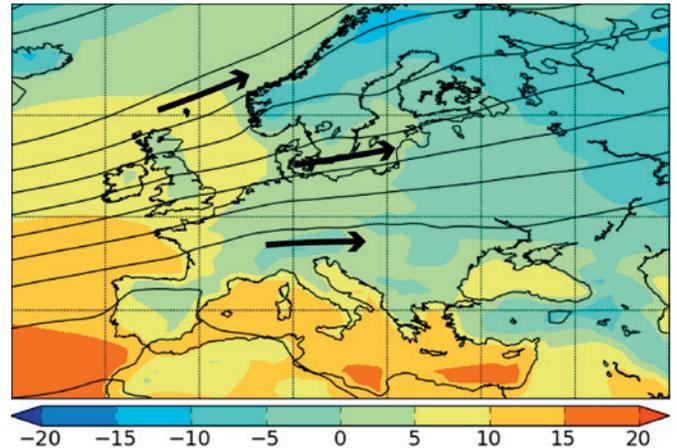
### Woran liegt das und was ist zu den Ursachen bekannt?

Der beobachtete Rückgang des arktischen Meereises während der letzten Jahrzehnte lässt sich primär durch den Klimawandel auf Grund von erhöhten Treibhausgaskonzentrationen erklären. Es ist allerdings nicht auszuschließen, dass natürliche Klimaschwankungen einen Beitrag zu den beobachteten Änderungen geliefert haben, insbesondere im Hinblick auf die rasante Eisabnahme seit der Jahrtausendwende.

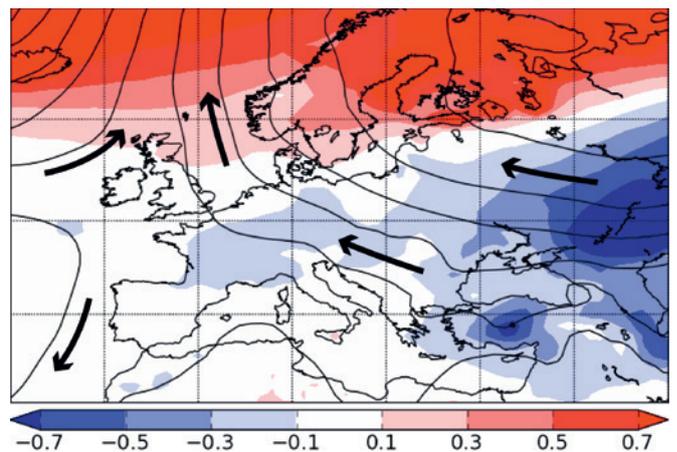
Der Mechanismus, wie das arktische Meereis das Wetter und Klima über Europa beeinflusst, ist noch nicht vollständig verstanden. Eine plausible Erklärung basiert auf der Tatsache, dass das arktische Meereis im Winter relativ warmes Wasser (circa 0 Grad Celsius) von sehr kalter Luft (bis zu -40 Grad Celsius) abschirmt. Mit einem Rückgang des Meereises wird die Atmosphäre deshalb von unten her stark vom Meer erwärmt. Durch eine großflächige Abnahme des Meereises wird sich deshalb der Temperaturunterschied zwischen den niederen und den hohen Breiten - der Hauptantrieb für die atmosphärischen Windsysteme - reduzieren.

Der Rückzug der Meereiskante nach Norden hat auch einen Einfluss auf die Hauptzugbahnen der Tiefdruckgebiete, die von der Meereiskante beeinflusst werden, und damit auf die Großwetterlagen in den benachbarten Regionen (siehe auch Abbildungen rechts).

Insgesamt erwarten wir bei einem Rückgang des arktischen Meereises deshalb eine Zunahme des Auftretens von skandinavischen und sibirischen Hochdruckgebieten, die kalte Luft russischen Ursprungs nach Europa führen.



Grafik 1: Die Winter-Wetterlage in Europa bei normalen Eisverhältnissen in der Arktis: Diese Grafik zeigt für Europa die heutige mittlere Temperaturverteilung im Winter (Dezember, Januar und Februar) - ausgedrückt in °C. Am kältesten ist es demnach im Nordosten Europas, am mildesten im Südwesten. Die Temperatur über dem Meer ist tendenziell milder als jene über dem Kontinent. Die schwarzen Linien mit Pfeilen zeigen die mittlere Windrichtung im Winter an. Anhand ihrer lässt sich erkennen, dass im Winter vornehmlich milde Luft vom Nordatlantik herangeführt wird und dabei vor allem die Temperaturen in der Mitte und im Norden Europas beeinflusst. (Grafik: AWI)



Grafik 2: Mögliche Veränderungen: Diese Grafik zeigt, wie sich die Winter-Wetterlage in Europa verändern könnte, wenn die Dicke des arktischen Meereises um die Hälfte abnehmen würde. Der Norden Europas würde sich teilweise um mehr als 0,7 °C erwärmen - hier durch die tiefroten Farbe gekennzeichnet. Dieser Temperaturanstieg entstünde durch den direkten Einfluss der wärmeren Arktis. Über Osteuropa und zu einem gewissen Ausmaß auch über Mitteleuropa dagegen würde sich die Temperatur abkühlen. Der Grund dafür wären Änderungen der vorherrschenden Winde.

Die schwarzen Linien mit den Pfeilen geben den Windunterschied zwischen heutigen Bedingungen und Bedingungen mit verminderter Meereisdicke an. Der Windunterschied zeigt über Ost- und Mitteleuropa eine östliche bis südöstliche Richtung an. Das bedeutet, dass sich der mittlere westliche Wind abschwächen würde und damit Kaltluftausbrüche aus Osteuropa wahrscheinlicher werden.

Tatsächlich haben wir in den letzten Jahren, in denen die arktische Meereisausdehnung und -dicke besonders gering waren, kalte Winter erlebt. Für Mitteleuropa ist jedoch die modellierte Abkühlung schwächer als die Erwärmung, die man durch erhöhte Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre erhält. Insgesamt würde der Rückgang des Meereises deshalb die Erwärmung durch den direkten Treibhauseffekt im Winter lediglich mildern. (Grafik: AWI)

## Übrigens

Die Idee, dass eine Abnahme des Meereises zu kälteren Wintern über Europa führen könnte, ist nicht neu. Eine solche Hypothese wurde schon in den 1970er Jahren mit Hilfe von Modellexperimenten formuliert. Es handelt sich hier also nicht um einen neuen Erklärungsversuch, den scheinbaren Widerspruch zwischen dem Treibhauseffekt und dem vermehrten Auftreten von kalten Wintern in Europa seit der Jahrtausendwende im Nachhinein zu erklären.

## Wie groß sind die Unsicherheiten?

Die Unsicherheiten sind durchaus noch beträchtlich. Verschiedene Klimamodelle stimmen jedoch in ihren Ergebnissen darin überein, dass ein Rückgang des Eises tendenziell zu kälteren Wintern in Europa führt. Diese Verbindung ist in Klimamodellen allerdings vergleichsweise schwach ausgeprägt, oder anders gesagt: Es gibt andere Mechanismen, die einen größeren Einfluss auf das Wetter und Klima in Europa haben. Des Weiteren geht der Rückgang des Meereises mit Prozessen in der Grenzschicht zwischen Meereis und Atmosphäre einher, welche in Klimamodellen bisher noch nicht hinreichend genau repräsentiert werden können.

Die Beobachtungen zeigen zwar einen gleichzeitigen Rückgang des Meereises und eine Zunahme von kalten Wintern. Mehr als die Möglichkeit eines Zusammenhangs lässt sich daraus allerdings derzeit nicht ableiten.

## Was erwarten wir für die Zukunft? (Entwicklung der Forschung und des Klimas)

Wir erwarten in den kommenden Jahrzehnten einen weiteren Rückgang des arktischen Meereises. Es ist deshalb wichtig, besser zu verstehen, welche Kon-

sequenzen dieser Rückgang für das Wetter und das Klima in Europa haben wird. Beobachtende und modellierende Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen arbeiten deshalb in nationalen und internationalen Forschungsprogrammen gemeinsam daran, die Prozesse in den hohen Breiten besser zu verstehen und mit Hilfe dieses Wissens, die Qualität der Klimamodelle, mit denen kontrollierte Experimente durchgeführt werden können, zu verbessern.

Die Frage, ob sich die Wintertemperaturen in Europa mehrere Monate oder gar Jahre im Voraus vorhersagen lassen, ist derzeit ein Schwerpunkt der Klimaforschung. Aktuelle Untersuchungen aus Großbritannien geben hier Anlass zu Optimismus. Aber: Die Qualität dieser Vorhersagen wird bei allem Optimismus auch zukünftig höchstwahrscheinlich nicht an die Prognosesicherheit für das El Niño-Phänomen im tropischen Pazifik heranreichen können.

## Welche Aspekte dieser Forschungsfragen bearbeiten AWI-Klimawissenschaftler?

Mitarbeiter im Fachbereich Klimawissenschaften des AWI arbeiten derzeit daran, den Mechanismus wie das arktische Meereis das Wetter und Klima in Europa beeinflusst, besser zu verstehen. Zu diesem Zweck werden Klimamodellsimulationen sowohl mit normalen als auch mit reduziertem Meereis durchgeführt und analysiert. Um möglichst aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten, werden die Modelle mit Hilfe von Beobachtungsdaten weiter verbessert.

In Zukunft wird auch verstärkt der Einfluss der Eisbedingungen auf die Ozeanzirkulation, z.B. die Lage und Intensität des Golfstroms, untersucht werden. All diese Arbeiten sollen schließlich dazu beitragen, verlässliche Vorhersagen für das Meereis und damit auch das Wettergeschehen in Europa zu ermöglichen.

## Kontakt zu den AWI-Experten



Prof. Dr. Thomas Jung  
Tel: 0471 4831-1761  
E-Mail: thomas.jung@awi.de