

Eis- und Schneebedeckung im Klimasystem

Motivation

Die Eisbedeckung der Erde erfährt durch den Klimawandel in der Forschung wie in der Öffentlichkeit eine besondere Beachtung. Nirgends ist der Klimawandel so sichtbar wie bei den schmelzenden Gletschern der Hochgebirge und dem rapiden Rückgang des arktischen Meereises. Hinzu kommt: Der Rückgang von Eis- und Schneeflächen beschleunigt erheblich die Erwärmung in den hohen Breiten. Aktuelle Forschungsstudien führen auch die ungewöhnlichen Wetterlagen der mittleren Breiten in den letzten Jahren wie einige kalte Winter in Europa und den USA oder Hitzewellen in West- und Osteuropa auf das Abschmelzen des Meereises in der Arktis zurück.

Offensichtlich spielen Eis und Schnee eine wichtige Rolle im Klimasystem. Sie zeigen dessen Veränderungen und wirken wieder auf das Klimasystem zurück. Die folgenden Experimente mit dem Monash Klimamodell können dazu dienen, die vielfältigen Wirkungen und Wechselwirkungen von Eis und Schnee im Klimasystem verständlicher zu machen.

Modelleinstellungen für das Eis- und Schnee-Experimente

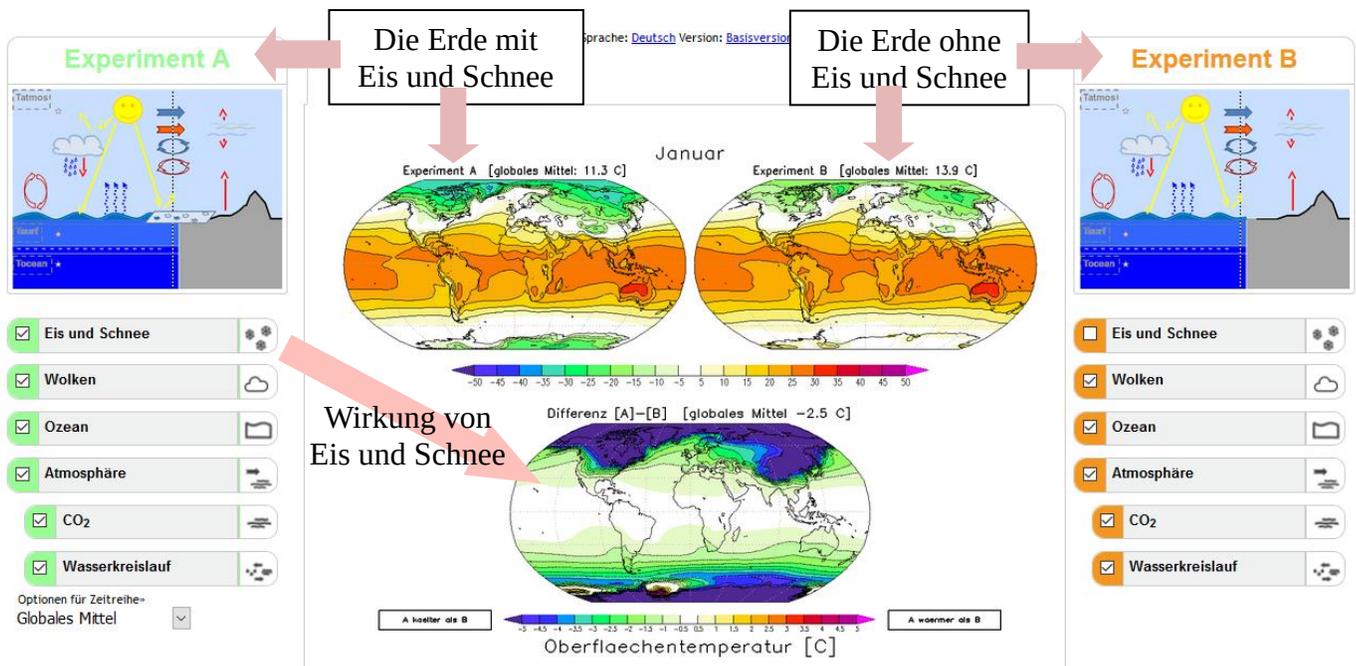
Experiment A: alle Prozesse aktiviert

Experiment B: alle Prozesse aktiviert außer „Eis und Schnee“

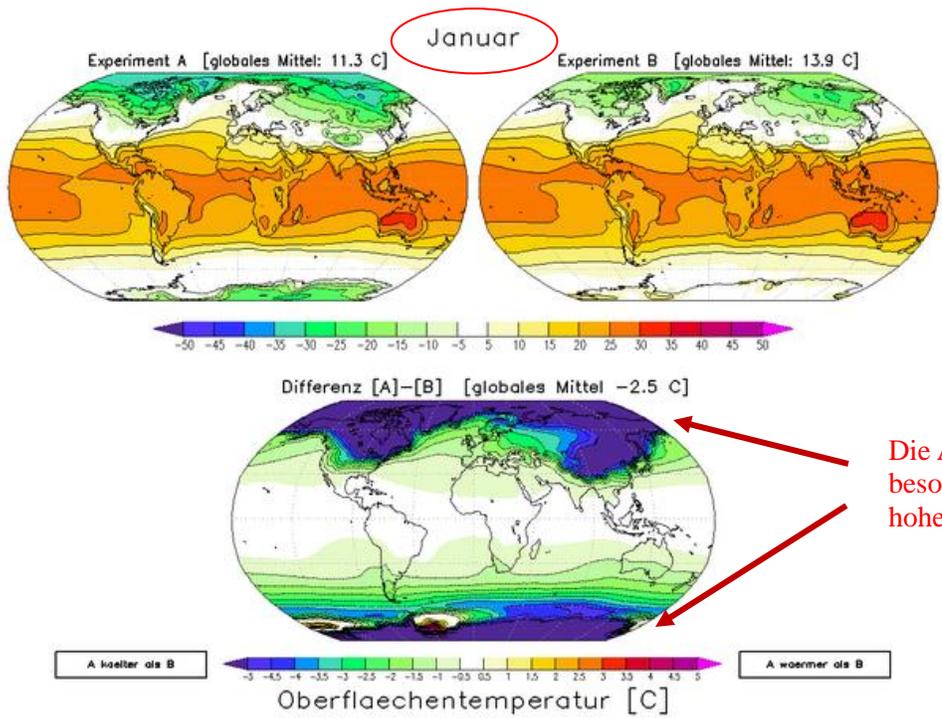
Differenz A – B: die Wirkung von Eis und Schnee bleibt übrig

Folgende Monate werden untersucht: Januar (Nord-Winter), Juli (Nord-Sommer)

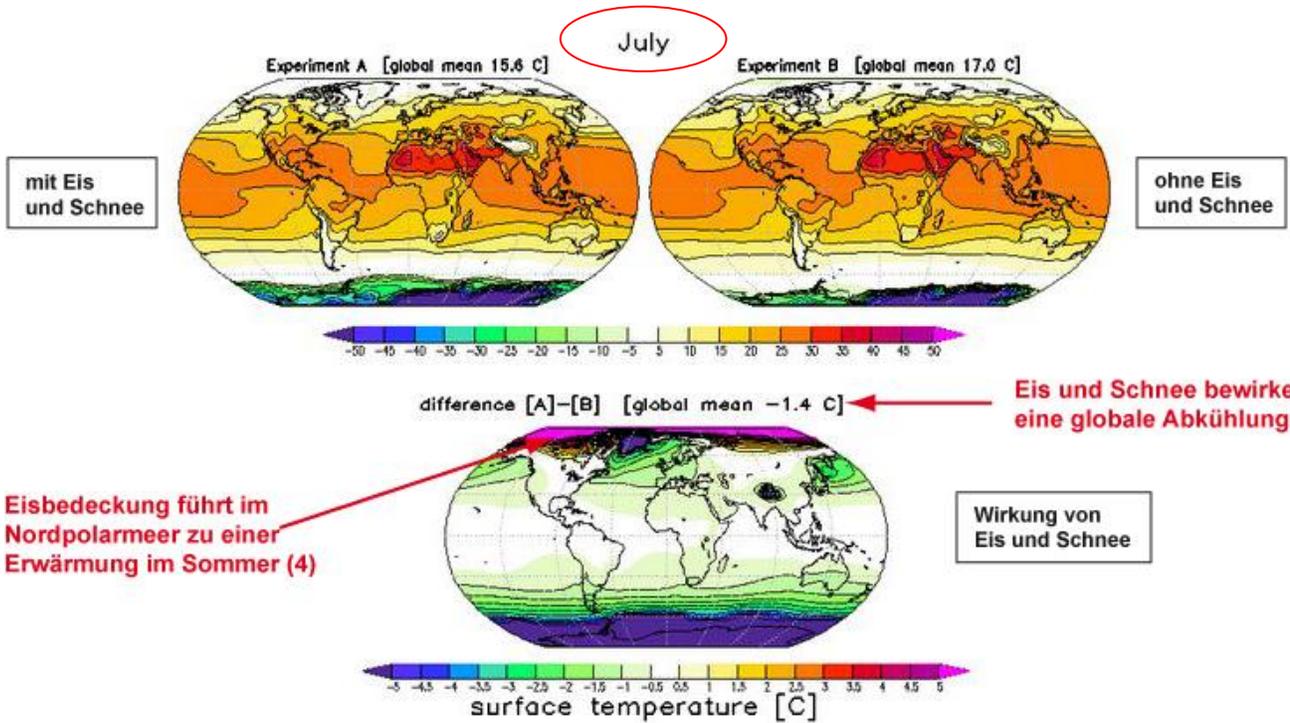
Folgende Verhältnisse werden gezeigt:



Modellergebnisse und Beobachtungen



Die Abkuehlung ist besonders stark in den hohen Breiten.



Eis und Schnee bewirken eine globale Abkuehlung (1)

Eisbedeckung fuehrt im Nordpolarmeer zu einer Erwaermung im Sommer (4)

Wirkung von Eis und Schnee

Physikalischer Hintergrund und Erklärung der Beobachtungen

Die Eis- und Schneebedeckung beeinflusst das Klima im Wesentlichen auf zwei Wegen:

- über den Strahlungshaushalt der Erdoberfläche: Eis- und Schnee führen zu einer Erhöhung der **Albedo**, d.h. es wird mehr einfallende Sonnenstrahlung reflektiert,
- über den Wärmehaushalt der Oberfläche: **Eis- und Schnee isolieren** die darunter liegenden Schichten; dies hat vor allem auf den Ozean einen deutlichen Effekt und kann je nach Jahreszeit zur Erwärmung oder Abkühlung führen.

Beide Prozesse werden vom MSCM erfasst und werden im Folgenden für die Erklärung der Beobachtungen herangezogen.

Globale Betrachtung

	Beobachtung	Erklärung
(1)	Die Eis- und Schneebedeckung bewirkt im globalen Mittel eine Abkühlung (Vorzeichen negativ).	Durch die hohe Albedo von Eis- und Schneeflächen wird mehr Sonnenstrahlung ins Weltall zurück reflektiert (Abb. 2), wodurch es zur Abkühlung kommt.
(1)	Die globale Abkühlung ist im Nordwinter (Januar) stärker ausgeprägt als im Nordsommer (Juli).	Auf der Nordhalbkugel gibt es größere Land-massen , besonders in mittleren bis hohen Breiten (z.B. Sibirien), die von der Schnee-bedeckung betroffen sind (s. 2 u. Abb. 1).

Regionale Betrachtung

	Beobachtung	Erklärung
(2)	Starke Abkühlung auf den großen Landflächen Asiens und Nordamerikas	Vorkommen großer Landmassen, auf denen Schneebedeckung durch den Albedo-Effekt zu starker Abkühlung führt.
(3)	Mit aktivierter Eis- und Schneebedeckung zeigen sogar Regionen, in denen es weder Eis noch Schnee gibt, eine Abkühlung, z.B. im Nordatlantik und im Südpazifik.	Der Transport kalter Luftmassen (Advektion) in der Atmosphäre (Abb. 3) bewirkt, dass sich die lokale Abkühlung auch an Orten, die nicht direkt von Eis und Schnee bedeckt sind, auf die Temperatur auswirkt.
(4)	Eis- und Schnee führen zu einer Erwärmung des Nordpolarmeers im Nordsommer.	Durch die Eisschicht ist der (relativ warme) Ozean im Nordwinter von der Atmosphäre isoliert und gibt nur wenig Wärme ab (Abb. 4). Daher ist der Ozean im Nordsommer wärmer, als er es ohne winterliche Eisbedeckung wäre. Und die wärmere sommerliche Atmosphäre gibt weniger Wärme an den Ozean ab.

Ergänzende Abbildungen

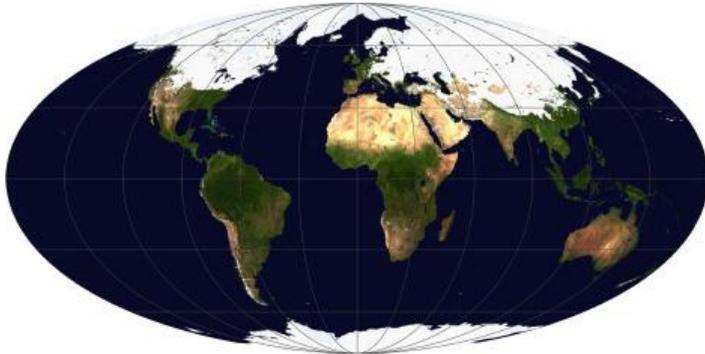


Abb. 1: Eis- und Schneebedeckung der Erde im Nord-Winter; Quelle: NASA

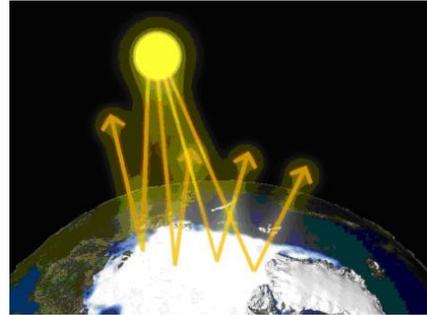


Abb. 2: Eis-Albedo-Effekt; Quelle: Dirk Notz, MPI-M

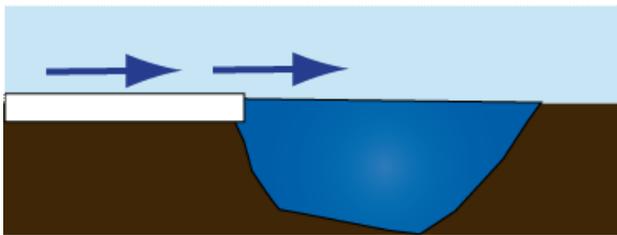


Abb. 3: Abkühlung durch Luftmassentransport; Quelle: D.K.

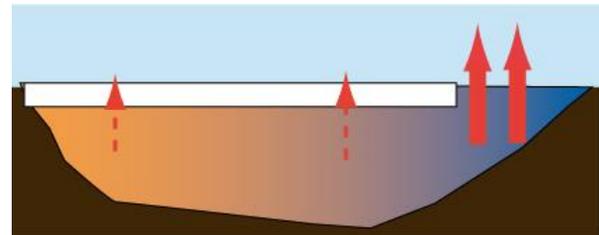


Abb. 4: Wärmespeicherung durch Isolation des Ozeans im Winter; Quelle: D.K.

Thematisch relevante Artikel auf dem Klimawiki (klimawiki.org)

Artikel	Themen
<i>Kryosphäre im Klimasystem</i>	Überblick über die globale Verteilung von Eis und Schnee und ihre Auswirkungen auf das Klima
<i>Eis-Albedo-Rückkopplung</i>	Positive Rückkopplung (verstärkte Erwärmung und Abnahme des Meereises) durch den Albedo-Effekt
<i>Meereis</i>	Prozesse der Meereisbildung und -schmelze, Auswirkungen von Meereis auf die Ozean-Atmosphäre Wechselwirkungen, isolierende Wirkung des Meereises
<i>Arktisches Meereis</i>	Beobachtete Abnahme des arktischen Meereises, Ursachen der Eisschmelze, klimatische Folgen der Meereisschmelze (z.B. kalte Winter in Europa), Projektionen des arktischen Meereises in der Zukunft

Autor: Manuel Linsenmeier

Mitarbeit: Tobias Bayr, Dietmar Dommenges, Dieter Kasang