

Long-term Climate Variability of the Baltic Sea Region

ABSTRACT

This thesis analyzes the impact of the Atlantic Multidecadal Oscillation (AMO) on North European climate and traces the AMO signal into the Baltic Sea region. With a frequency of 50 - 90 years, effects of the AMO are difficult to evaluate, since observations are limited to about 150 years. To overcome this lack of observational data, a combination of a general circulation model (GCM) and a regional climate model (RCM) is used to analyze the pre-industrial period from 950 - 1800. Further, the importance of the AMO for the more recent period 1850 - 2008 is discussed.

This work can be separated into three different topics: First, the impact of the AMO on the Baltic Sea is shown. This study reveals that AMO-related changes of the atmospheric circulation affect precipitation over the Baltic Sea region, which in turn alter the river runoff and consequently the salinity of the Baltic Sea. A persistent coherence between the AMO and the mean salinity of the Baltic Sea is found, which suggests that the Baltic Sea is under the constant influence of the AMO.

Second, it is found that the AMO changes the zonal position of the North Atlantic Oscillation (NAO). Using a RCM it is shown that the AMO changes the spatial structure of the NAO. The spatial position of the NAO plays a crucial role for its regional importance. It either reduces or enhances the NAO's influence on regional climate variables of the Baltic Sea such as sea surface temperature (SST), ice extent or river runoff.

Third, the SST variability of the Baltic Sea during the period 1850 - 2008 is analyzed. It is shown that the main driver of the SST is the air temperature. By analyzing the importance of large-scale climate variability it is found that the AMO is responsible for 60 % of the Baltic Sea SST variability on decadal time scales. Hence, the often reported strong SST trend during 1982 - 2006 in the Baltic Sea can be explained by an AMO shift from a negative towards a positive phase.

In summary, this work shows that the AMO plays an important and often neglected role for the climate of the Baltic Sea.

ZUSAMMENFASSUNG

Diese Arbeit untersucht die Auswirkungen der Atlantischen Multidekaden-Oszillation (AMO) auf das nordeuropäische Klima und verfolgt das AMO-Signal in der Ostseeregion. Beobachtungsdaten sind auf etwa 150 Jahre begrenzt. Aufgrund der AMO-Frequenz von 50 bis 90 Jahren ist es daher unmöglich, konkrete Aussagen über den Effekt der AMO zu treffen, da kaum zwei volle AMO-Zyklen erfasst werden. Um dieses Problem zu vermeiden, werden in dieser Arbeit numerische Modelle verwendet: Mit einer Kombination aus einem globalen Zirkulationsmodell (GCM) und einem regionalen Klimamodell (RCM) wird der vorindustrielle Zeitraum von 950 bis 1800 analysiert. Darüber hinaus wird die Bedeutung der AMO für den Zeitraum von 1850 bis 2008 diskutiert.

Diese Arbeit kann in drei verschiedene Themenbereiche unterteilt werden:

Erstens werden die Auswirkungen der AMO auf die Ostsee anhand eines regionalen Klimamodells untersucht. Diese Analyse hat gezeigt, dass AMO-bedingte Veränderungen der atmosphärischen Zirkulation sich auf die Niederschläge im Ostseeraum auswirken. Diese verändern wiederum den Frischwassereintrag in die Ostsee und folglich auch den Salzgehalt der Ostsee. Außerdem wird mit Hilfe einer Wavelet-Kohärenz gezeigt, dass die Ostsee während des gesamten Modellzeitraums durchgehend durch die AMO beeinflusst wird.

Zweitens wird gezeigt, dass die AMO die zonale Position der Nordatlantikoszillation (NAO) verändert. Die räumliche Position der NAO ist entscheidend für ihre regionale Bedeutung für das Klima der Ostsee. Abhängig von ihrer Entfernung von Europa reduziert oder verstärkt sich der Einfluss der NAO auf regionale Klimavariablen der Ostsee wie die Meeresoberflächentemperatur (SST), Eisausdehnung oder Frischwassereintrag.

Drittens wird die Variabilität der SST im Zeitraum 1850 bis 2008 analysiert. Dabei wird gezeigt, dass hauptsächlich die Lufttemperatur für Veränderungen der SST verantwortlich ist. Änderungen in der SST werden auf dekadischer Skala maßgeblich durch die AMO beeinflusst. Mit rund 60 % hat die AMO damit den größten Einfluss auf Änderungen der SST Variabilität. Daher kann der starke SST-Trend der Ostsee von 1982 bis 2006 durch einen Übergang von einer negativen in eine positive AMO Phase erklärt werden.

Zusammenfassend zeigt diese Arbeit, dass die AMO eine wichtige und oftmals nicht berücksichtigte Rolle für das Klima der Ostsee spielt.