

Einführung

Die Nordatlantische Oszillation (NAO) wird in vielen Wissenschaftsbereichen weit über die meteorologische Forschung hinaus betrachtet, um den veränderlichen groß-skaligen atmosphärischen Einfluss auf das europäische Klima zu quantifizieren. Dieses breite Interesse steht im Gegensatz zu einer oft nur sehr oberflächlichen Kenntnis des meteorologischen Forschungsstandes zu diesem Phänomen. Anliegen des vorliegenden Heftes ist es, diesen Forschungsstand in einer kompakten, zusammenfassenden Weise zu vermitteln. Potenzielle Adressaten sind neben Meteorologen also auch Forscher aus anderen Wissenschaftsbereichen, die sich einen Überblick über den aktuellen Forschungsstand zur NAO verschaffen wollen. Ein explizites Ziel bei der Erstellung des Heftes war, auch die Erkenntnisse einzubeziehen, die sich während der letzten 5 Jahre entwickelt haben, und somit noch nicht im Buch „*The North Atlantic Oscillation: Climatic Significance and Environmental Impact*“ der American Geophysical Union aus dem Jahr 2003 zu finden sind.

Die Autoren der einzelnen Kapitel haben selbst in den zu Kapiteln zusammengefassten Themenbereichen geforscht. Dies war sicherlich ein Grund für die erhebliche Menge an Literaturzitate, die nicht auf wenige Einstiegs-Zitate zu kürzen waren und somit zu einer für ein PROMET-Heft unkonventionellen Vorgehensweise, nämlich einem gemeinsamen Verzeichnis für alle Kapitel, geführt haben. Trotz der Vermeidung von Doppelungen ist die Referenzenliste recht umfangreich ausgefallen, wobei ich hoffe, dass die Leserschaft den erleichterten Zugang zu den einzelnen Originalartikeln begrüßt. Die Begutachtung der einzelnen Beiträge erfolgte durch jeweils zwei Autoren der anderen Kapitel, schon weil nur wenige nicht am Heft beteiligte Forscherinnen und Forscher aus dem deutschsprachigen Raum für den Themenbereich zur Verfügung standen. Dabei blieb, soweit nicht im Einzelfall anders gewünscht (oder den fachlichen Redakteur selbst betreffend), der Begutachtungsprozess anonym.

Zum Inhalt des Heftes: Der Überblick über die **Entwicklung der NAO-Forschung** im ersten Kapitel zeigt nicht nur, wie lange die Existenz der NAO als Phänomen schon bekannt war, sondern auch, dass die Erforschung der NAO in Wellen ablief. Es wird dargestellt, welche Faktoren zu solchen Forschungs-Wellen geführt haben, und wie eine gegenseitige Beeinflussung einzelner Forschungsarbeiten die wissenschaftliche Erkenntnis weitergetrieben hat.

Der zweite Abschnitt befasst sich mit den **Auswirkungen der NAO**. Es ist zu dieser Thematik besonders herauszustellen, dass neben den direkten und unmittelbar nachvollziehbaren Wirkungen auch solche auftreten, die durch eine Wechselwirkungsprozesse zeitlich um eine ganze Jahreszeit verspätet auftreten. Ein anderes Beispiel sind Wirkungen auf Phänomene wie die Ankunftszeit von Zugvögeln, die nicht so sehr auf die lokalen meteorologischen Auswirkungen der NAO zurückgehen, sondern im Wesentlichen die NAO-Wirkung in entfernten Regionen reflektieren. Eine Quantifizierung der Rolle, die die NAO an einem Ort und für eine betrachtete Größe spielt, kann stark davon abhängen, welchen der in der Literatur verwendeten **Indizes der NAO** man einsetzt. Die Unterschiede im berechneten Einfluss der NAO, die sich allein schon auf Basis der in der Literatur verwendeten Indizes für die Bodendruck-Variationen ergeben, werden im Kapitel 3 deutlich. Dabei hängt die Auswahl eines geeigneten NAO-Index von den Anforderungen an die Länge der verfügbaren Zeitreihe oder an die Berücksichtigung der veränderlichen räumlichen Struktur ab. Die in diesem Abschnitt dargestellten Index-Zeitreihen sind um Daten der letzten Jahre ergänzt und reichen bis zum Jahr 2006. Abschnitt 4 stellt die **längerfristige Variabilität der NAO**, fokussiert auf den Zeitraum der letzten 500 Jahre, in den Mittelpunkt. Auf Grundlage von Proxydaten werden dabei

Indexzeitreihen rekonstruiert, die sich aber aus verschiedenen Gründen von einander unterscheiden können. Zur Betrachtung der NAO-Variabilität auf dieser Zeitskala gehören auch Betrachtungen von Modellexperimenten, welche verschiedene, als relevant erkannten Faktoren der Klimavariabilität als Antrieb beinhalten. Schließlich werden in diesem Abschnitt die unterschiedlichen Frequenzinhalte auf Grundlage der einzelnen Ansätze und spezifische Fragen einzelner Zeitperioden (Maunder-Minimum, letzte 50 Jahre) diskutiert.

Zur Frage, wie die NAO-Variabilität „funktioniert“, gibt Kapitel 5 Auskünfte. Die **Dynamischen Antriebsmechanismen der NAO** betreffen zunächst die Zyklen von Wachstum, Erhaltung und Abklingen auf der Zeitskala von etwa 10 Tagen. Die Phasen, die zum Teil vom Pazifik her beeinflusst werden, gehen mit Variationen der spezifischen Antriebsmechanismen einher, die wiederum insbesondere von der stratosphärischen Zirkulation beeinflusst werden können. Das Kapitel geht auch auf Modellergebnisse ein welche zeigen, dass ein Teil des „Langzeitgedächtnisses“ in der NAO mit der atmosphärischen Dynamik und der spezifischen Lage der Kontinente zu tun hat.

Längerfristige Variabilitätsanteile werden auch im Kapitel 6 behandelt. Die **Wechselwirkungen der NAO mit dem Ozean und dem Meereis** stellen sich – hinsichtlich der Rückwirkungen auf die NAO selbst - dabei im Wesentlichen schwächer dar als zunächst nach Modellstudien erwartet. Die Wirkung von Anomalien der Meeresoberflächen-Temperatur und der Meereisausdehnung auf die NAO sind zwar erheblich, wenn man entsprechende Anomalien auf einer langen Zeitskala vorgibt, erklären im Rahmen einer vollständigen Wechselwirkung aber nur einen relativ geringen Anteil der Variation, so dass erste Hoffnungen auf eine gute Vorhersagbarkeit der NAO nun vorsichtiger beurteilt werden müssen. Auch Einflüsse der Oberflächentemperatur im indo-pazifischen Raum erklären nur einen Bruchteil der beobachteten längerfristigen Variabilität.

Der Einfluss von **Stratosphäre und Vulkanismus** auf die NAO-Variabilität wird im Abschnitt 7 eingehender beleuchtet. Neben den Wirkungen der stratosphärischen Dynamik auf die Troposphäre auf einer Zeitskala von wenigen Tagen bis Wochen geht das Kapitel auf die Rolle von NAO und Arktischer Oszillation (AO) als deren hemisphärische Ausprägung für den Gesamt ozongehalt der Atmosphäre im atlantisch-europäischen Raum ein. Ausführlich werden auch die Mechanismen in Zusammenhang mit Vulkanismus und solarer Variabilität beleuchtet sowie die Prozesskette, die von den anthropogenen Einflüssen über die obere Atmosphäre auf die NAO/AO wirkt.

Die **Vorhersagbarkeit** der NAO und somit auch die Vorhersagbarkeit der mit ihr verbundenen Wirkungen werden im folgenden Kapitel zunächst über das Lorenz-Attraktormodell erläutert. Saisonale bis interannuale Vorhersagbarkeit wird anschließend mit Bezug auf Einflüsse der Meeresoberflächen-Temperatur und weiterer Faktoren wie der Schneebedeckung diskutiert. Ansätze zur praktischen Vorhersage werden sowohl auf Basis numerischer Zirkulationsmodelle wie auch auf statistischer Basis realisiert. Dekadische Vorhersagbarkeit wird dagegen in Zusammenhang mit Variationen der meridionalen Umwälzbewegung im Ozean gesehen.

Der letzte Abschnitt beschäftigt sich mit den **Veränderungen der NAO im anthropogen beeinflussten Klima**. Es wird diskutiert, dass verschiedene Modell-Studien eine Verschiebung der NAO zu positiveren Indexwerten zeigen, dass aber sowohl die erhebliche längerfristige Variabilität der NAO wie auch eine in manchen Modellen zu findende Verschiebung der Lage der Aktivitätszentren den statistischen Nachweis solcher Veränderungen negativ beeinflusst. Die regionalen Auswirkungen der NAO-Veränderungen betreffen Temperaturen und Niederschläge, aber auch Zyklonen und Sturmereignisse im Bereich Atlantik-Europa. Dabei ist die Änderung der NAO in der Regel nicht die alleinige Erklärung für die veränderten Auswirkungen.

Abschließend möchte ich nochmals allen Autoren für Ihre gelungenen Beiträge und für die Übernahme der Gutachten danken, sowie Frau Binding.(FU Berlin) für die Zusammenstellung des Gesamt-Literaturverzeichnisses. Ich bin davon überzeugt, dass das vorliegende Heft zur Verbreitung der aktuellen Kenntnisse über die NAO zumindest im deutschsprachigen Raum beiträgt, und vielleicht sogar weitere Forschung zu dieser Thematik stimuliert.

Uwe Ulbrich