NAO / NAO-Index

Intensität und Lage der atlantischen Westdrift werden durch das Subtropenhoch (Azorenhoch) und die subpolare Tiefdruckrinne (Islandtief) bestimmt.

Bereits zu Beginn des vergangenen Jahrhunderts stellten Meteorologen jährliche Fluktuationen der winterlichen Lufttemperaturen westlich und östlich von Island mit einer gegenläufigen Phase fest: Wenn die Lufttemperaturen über Südgrönland unter den Normalwerten lagen, waren sie über Skandinavien übernormal und umgekehrt. Gleichzeitig wurden Fluktuationen von Temperaturen und Niederschlägen in Nord- und Zentraleuropa beobachtet, die mit den Veränderungen des Luftdruckes im Meeresniveau kohärent einhergingen. Diese klimatische Variabilität wurde mit **NordAtlantischer Oszillation** (NAO) bezeichnet.

Physikalisch charakterisiert NAO eine meridionale Oszillation der atmosphärischen Luftmassen mit den "Aktionszentren" Islandtief und Azorenhoch und wird im einfachsten Fall als Zeitreihe der linearen Druckdifferenzen zwischen den genannten Druckzentren bestimmt. NAO weist hohe Werte auf, wenn Islandtief und Azorenhoch stark ausgeprägt sind. Untersuchungen während der vergangenen 30 Jahre haben eine Reihe von NAO-Details zusammengetragen:

- Beide - Islandtief und Azorenhoch - intensivieren sich, wenn sie sich gegenüber ihrer mittleren Position **nach Norden** verlagern.
- Von allen periodischen Vorgängen in der Atmosphäre ist NAO einer der wenigen, der in allen Monaten des Jahres präsent ist.
- Die größten Beträge der Variabilität des Meeresniveau-Luftdruckes im Nordatlantik werden - über das ganze Jahr gesehen - im NAO-Gebiet beobachtet.
- Die größten Druckamplituden treten allerdings in den Wintermonaten auf. Mehr als ein Drittel der gesamten nordatlantischen Druck-Variabilität geht während dieser Zeit auf das NAO-Konto.

Obwohl der Druckgradient zwischen Azorenhoch und Islandtief ein direktes Maß für die Intensität der atlantischen Westdrift ist, eignet er sich wenig für vergleichende längerfristige Untersuchungen, wo es u.a. gerade um Abweichungen von langjährigen Mittelwerten geht. Für diesen Zweck wurden einfache **NAO-Indizes** entwickelt, welche die Differenzen der **Anomalien des Luftdruckes** im Meeresniveau (**S**ea **L**evel **P**ressure, SLP) von festen Stationen vergleichen. Um die große Variabilität der einzelnen Druckzentren zu berücksichtigen, werden die SLP-Anomalien zusätzlich mit der Standardabweichung der Anomalien der betrachteten Zeitreihe normiert.

An zwei festen Stationen A,B wird die monatliche SLP-Anomalie $PA_{A,B}$ als Differenz des SLP-Monatsmittels $PM_{A,B}$ und des langjährigen SLP-Mittels $PL_{A,B}$ gebildet ($PA_{A,B} = PM_{A,B} - PL_{A,B}$). Wenn $\sigma_{A,B}$ die Standard-Abweichung von $PA_{A,B}$ über den betrachteten Zeitraum ist, wird der monatliche NAO-Index als

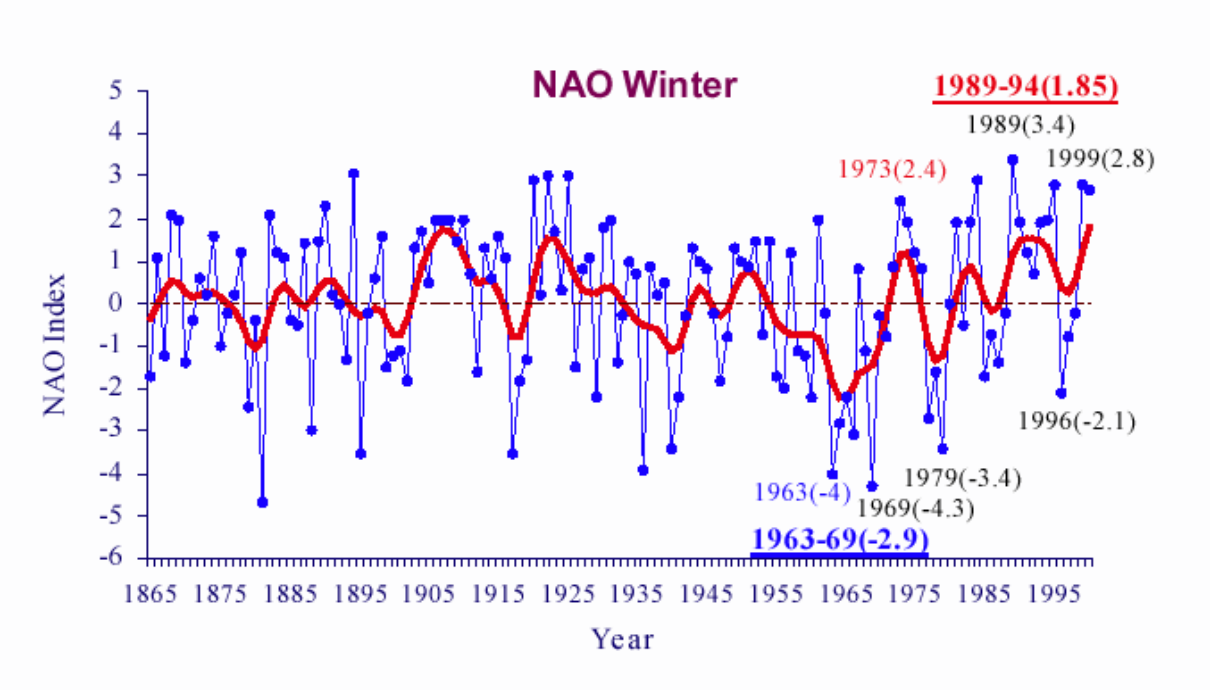
$$PA_A / \sigma_A - PA_B / \sigma_B$$

definiert. Dabei ist

$$\sigma_{A,B} = \sqrt{(1/\text{AnzahlMonate}) * \sum PA_{A,B}^2}$$

(Summe über alle Monate der Zeitreihe).

Da von den verschiedenen NAO-"Autoren" unterschiedliche Bezugspunkte zugrunde gelegt und unterschiedlich lange Zeitreihen ausgewertet wurden, existieren mehrere NAO-Index-Zeitreihen.
Für das Azorenhoch werden die monatlichen SLP-Anomalien von Ponta Delgada, Lissabon oder Gibraltar, für das Islandtief die SLP-Anomalien von Stykkisholmur oder Akureyri verwendet. Die längste Zeitreihe auf der Grundlage normierter monatlicher SLP-Anomalien reicht von 1821 bis 2000. Dargestellt werden häufig nur die markanten monatlichen Winter-Anomalien. Die folgende Abbildung zeigt den Verlauf des NAO-Winter-Index zwischen Ponta Delgada und Stykkisholmur von 1865 bis 2000 (aus: Precipitation Anomalies in Turkey and Relationships with the NAO, M. Türkeş, Turkish State Meteorological Service, Ankara 2002):



Hohe Index-Werte sind mit einer intensiven Nordatlantischen Westdrift verbunden und umgekehrt. Auffallend sind die starken Schwankungen von Jahr zu Jahr. Trends lassen sich erst bei langjährig übergreifender Mittelbildung (rote Kurve) erkennen.

In der Abbildung wird auf den Anstieg des NAO-Index von negativen Werten in den 60er Jahren auf positive Werte in den 90er Jahren hingewiesen. Dieser Trend ist auch in allen anderen NAO-Index-Zeitreihen wiederzufinden. Die auf diese Weise indizierte Atlantische Westdrift lässt eine Reihe von beobachteten Korrelationen plausibel erscheinen:

- Ein positiver NAO-Index ist im Winter mit erhöhten Temperaturen in großen Teilen Nord- und Mitteleuropas verbunden. Synoptisch ist das keine Überraschung, weil bei diesem Zirkulationstyp milde Atlantikluft weit in den europäischen Kontinent advehiert wird.
- Über dem nordwestlichen Atlantik treten umgekehrt bei positivem NAO-Winter-Index negative Abweichungen der Wasseroberflächentemperaturen auf: arktische Kaltluft wird weit nach Süden und Südosten geführt.
- Ein negativer NAO-Winter-Index geht mit negativen Temperaturabweichungen in Nord- und Mitteleuropa einher, weil dann - wegen der schwach ausgebildeten Westdrift - die winterlichere Kaltluftproduktion über dem Kontinent weniger gestört wird. Diese Korrelation ist allerdings schwächer ausgebildet als bei positivem NAO-Index.
- Ähnliche Korrelationen lassen sich beim Niederschlag finden:
  - NAO-Winter-Index > 0: übernormaler Niederschlag in Nord- und Mitteleuropa, weniger Regen in der Mittelmeer-Region;
  - NAO-Winter-Index < 0: trocken in Nordwest-Europa, feucht im Mittelmeer, Nordafrika und Naher Osten.

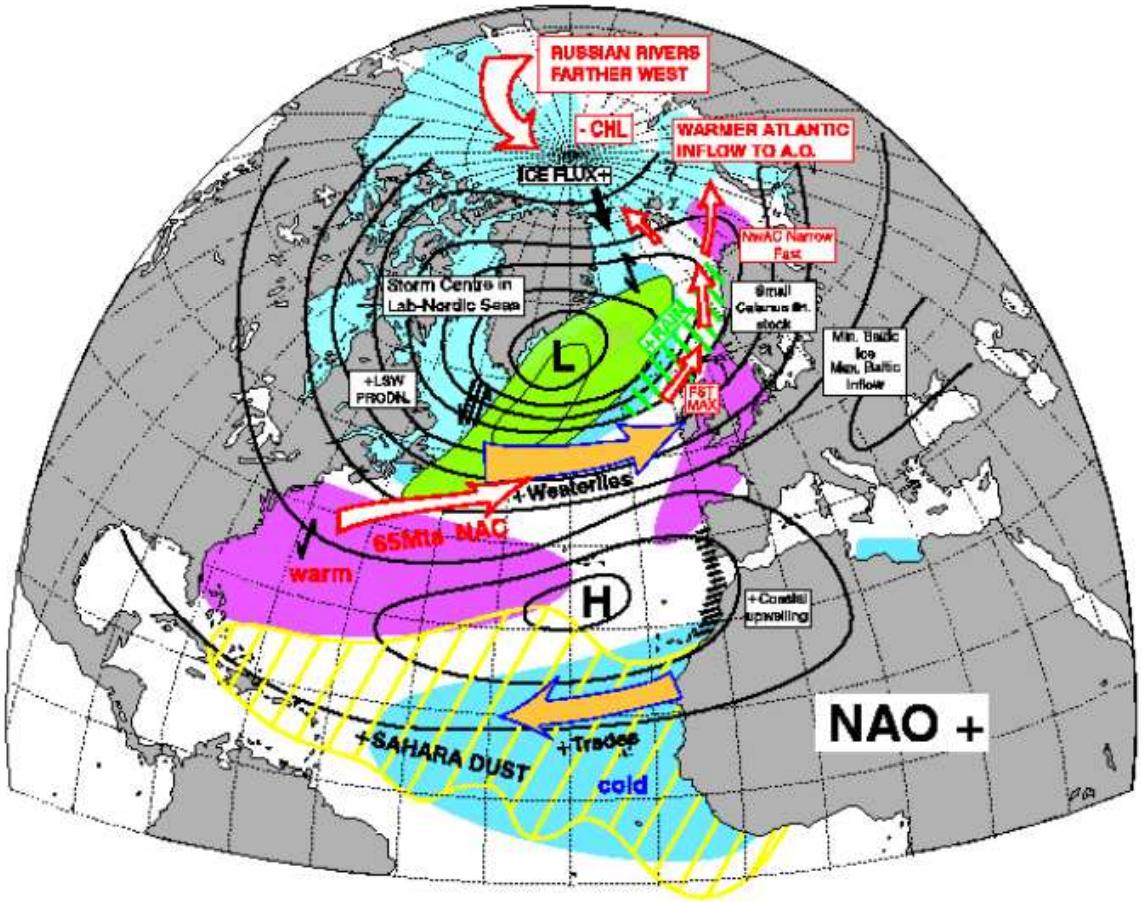
  Die Westdrift ist dann nicht nur schwächer, sondern verläuft auch weiter südlich.

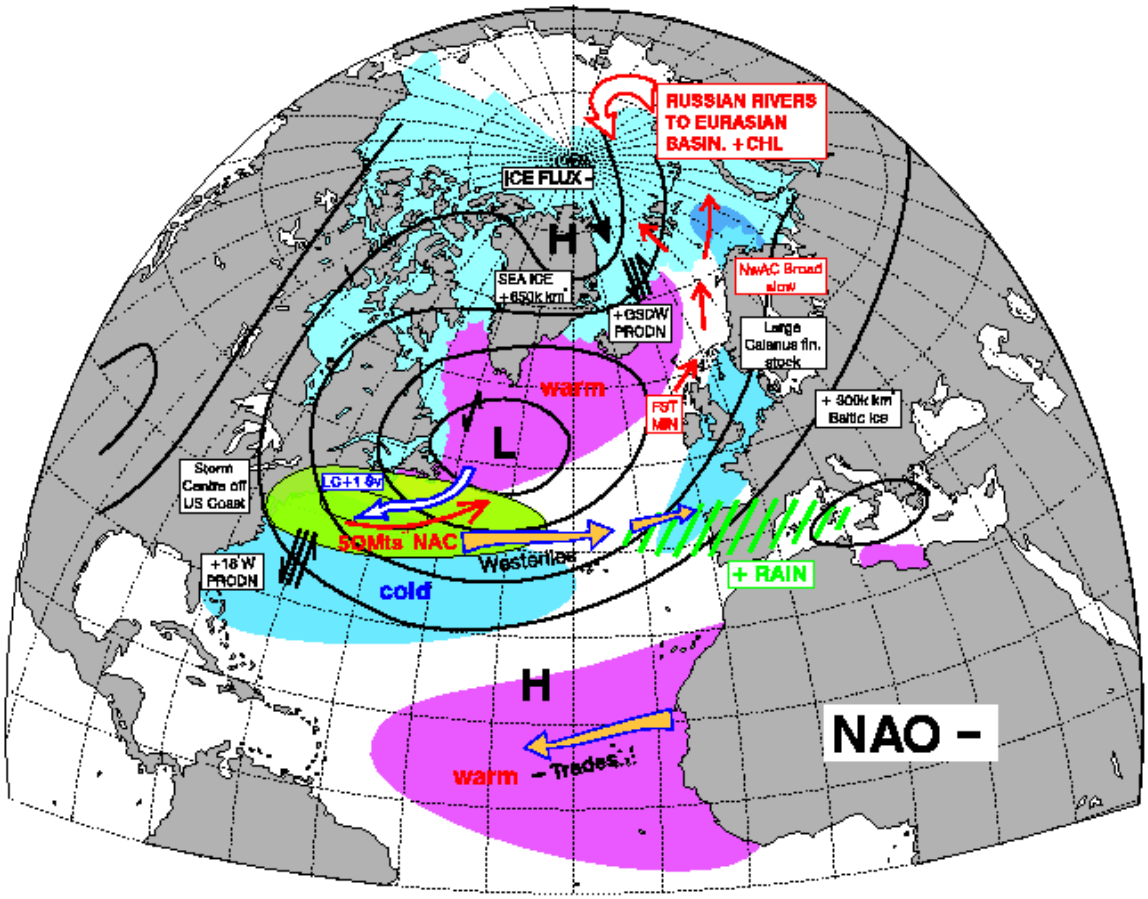
- Über dem Nordatlantik wurden darüber hinaus Korrelationen zwischen NAO-Index und Anomalien im Windfeld, bei den latenten und sensiblen Energieflüssen und - als Folge - bei den Wasseroberflächentemperaturen gefunden.
- Für weitere Wechselwirkungen zwischen den jährlichen und/oder längerfristigen NAO-Änderungen und
  - Temperatur und Salzgehalt auf der Westgrönland-Bank,
  - Temperatur und Salzgehalt im Labrador-Strom,
  - Geschwindigkeit und Mächtigkeit des Labrador-Stromes,
  - Temperatur-Anomalien im subtropischen, westatlantischen Wasserwirbel,
  - Signifikante Wellenhöhen in der Atlantischen Westdrift,
  - Ausdehnung des arktischen See-Eises,
  - Staubtransport aus der Sahara über das Mittelmeer und den subtropischen Atlantik,
  - Steuerung der Intensität der Tiefenkonvektion in Grönland-See, Labrador-See und Sargasso-Meer

  gibt es Hinweise.

In den folgenden beiden Abbildungen sind wesentliche NAO-"Impacts" zusammengefasst. Sie entstammen der sehr informativen NAO-Themenseite von David Stephenson:

http://www.secam.ex.ac.uk/cat/NAO





NAO ist somit in weiten Bereichen der Nordhalbkugel direkt korreliert mit großräumigen Erwärmungen/Abkühlungen und Niederschlags- und Sturm-Anomalien sowie indirekt korreliert mit Veränderungen bei Ökosystemen, insbesondere bei Fischbeständen. Der NAO-Index ist daher ein relativ einfach zugänglicher Indikator zur Abschätzung der genannten Variabilitäten und hat folglich in der Diskussion um globale Klimaänderungen an Bedeutung gewonnen. In den USA wird NAO auf breiter wissenschaftlicher Basis diskutiert. Die Columbia-Universität hat eine eigene Homepage dafür eingerichtet:
http://www.ldeo.columbia.edu/res/pi/NAO/

Das UK-Metoffice erstellt seit geraumer Zeit eine experimentelle NAO-Vorhersage:
http://www.metoffice.gov.uk/research/seasonal/regional/nao/index.html

Die NAO-Auswirkungen betreffen neben dem Nordatlantik weite Teile von Europa und die Ostküste Nordamerikas. Die Definition eines Index auf der Basis der SLP-Anomalien **zweier fester Orte** schränkt allerdings die Aussagefähigkeit der Index-Fluktuationen stark ein. In jüngster Zeit werden daher NAO-Indizes entwickelt, denen eine Druckdifferenz zwischen zwei geografischen Breiten - etwa 35° N und 65° N - zugrunde liegt. Dabei wird nicht ein fester Ort, sondern der monatlich gemittelte SLP über eine Längendistanz - etwa von 80° W bis 30° E - betrachtet. Ein so definierter Index ist tatsächlich ein regionaler Zirkulations-Index in dem betreffenden Sektor des Nordatlantiks. Damit wird die Intensität der Westwinddrift über dem zentralen Nordatlantik besser erfasst als mit den bisherigen eindimensionalen Indizes.