

Klima-Oszillationen: Arktische und Nordatlantische Oszillation

geschrieben von Chris Frey | 22. Juli 2025

Andy May

Die Arktische Oszillation (AO) ist eng mit der NAO (der weiter unten behandelten Nordatlantischen Oszillation) verwandt, aber sie ist nicht dasselbe. Die NAO wird in der Regel anhand der Luftdruck-Differenz zwischen den Azoren oder der Iberischen Halbinsel und Island gemessen und ist ein regionales Phänomen des Nordatlantiks, während die Arktische Oszillation die Druckdifferenz zwischen den nördlichen mittleren Breiten und der Arktis ist und in allen Längengraden auftritt (Thompson & Wallace, 2001). Die AO ist für einen größeren Teil der Schwankungen der Temperatur in der nördlichen Hemisphäre verantwortlich als die NAO und steht in engem Zusammenhang mit dem stratosphärischen Polarwirbel (Higgins, et al., 2000) und (Thompson & Wallace, 1998). Wir werden beide Oszillationen in diesem Beitrag erörtern.

Die arktische Oszillation AO

Die Arktische Oszillation (AO) wird auch als Nördlicher Annularmodus (NAM) bezeichnet. Sie entspricht der Südlichen Ringschwingung (Southern Annular Mode, SAM). Es gibt jedoch einen großen Unterschied: Während SAM eine Oszillation über einem Ozean ist, der Land umgibt, ist NAM eine Oszillation über Land, das einen polaren Ozean umgibt. Daher wirken sie unterschiedlich.

Wenn der NAM oder der [AO-Index](#) positiv ist (niedrigerer Druck in der Arktis und/oder höherer Druck in den mittleren Breiten), bewegen sich die Westwinde des polaren Jetstreams in hohen Breiten näher an den Pol heran und die Stürme (mit [Warmadvektion](#)) ziehen auf einer nördlichen Bahn. Ist er negativ (höherer Druck in der Arktis), schwächt sich der Jetstream ab, [mäandriert](#) stärker und weitet sich nach Süden aus, so dass arktische Luft in die mittleren Breiten strömt und kältere Winter in den mittleren Breiten verursacht. Der AO-Index wird nur anhand der Daten von Dezember bis Februar berechnet, hat er doch nur in den Wintermonaten einen signifikanten Einfluss (Baldwin & Dunkerton, 1999).

Die Tropopause liegt in der Arktis recht niedrig, nur etwa 8 km über der Oberfläche, so dass es nicht überrascht, dass die AO stark mit der Stratosphäre verbunden ist und von ihr beeinflusst wird (Baldwin, et al., 2019), insbesondere in den Wintermonaten, wenn die troposphärischen und unteren stratosphärischen Zirkulationen in den Polarregionen gekoppelt sind (Thompson & Wallace, 2001). Ein großer positiver AO-Index steht für einen starken, gut organisierten [Polarwirbel](#) in der Stratosphäre über dem Nordpol (Baldwin & Dunkerton, 2001) und (Thompson

& Wallace, 1998), ebenso wie ein positiver SAM auf einen starken Polarwirbel über dem Südpol hinweist.

Die Veränderungen der Sonne im Laufe des 11-jährigen Schwabe-Zyklus' wirken sich auf die Stratosphäre stärker aus als auf die Oberfläche, da sich der Anteil der kurzwelligeren UV-Strahlung (Solar-Ultraviolett-Strahlung) im Sonnenlicht stärker verändert als das längerwellige sichtbare Licht, das an der Oberfläche ankommt. Die Menge des in der Stratosphäre absorbierten UV-Lichts kann auf dem Höhepunkt des 11-jährigen Schwabe-Zyklus' um 10 % oder mehr steigen. Die in der Stratosphäre absorbierte UV-Strahlung erwärmt die Stratosphäre und trägt zum stratosphärischen Ozon bei, das ebenfalls UV-Strahlung absorbiert und zur weiteren Erwärmung beiträgt. Die UV-Erwärmung wirkt sich auf die Stratosphärenzirkulation und die Stärke des Polarwirbels aus, der einen Teil der stratosphärischen Veränderungen auf die Troposphäre überträgt und die globalen Wettermuster beeinflusst (Haigh, 2011). Wir werden dies später erörtern, aber im Wesentlichen wird das meiste Ozon in den Tropen produziert, die die meiste Sonneneinstrahlung erhalten. In den Tropen gibt es einen Aufwärtstransport von Luft aus der Troposphäre in die Stratosphäre, der einen Transport von Luft aus der Stratosphäre in Richtung der Pole auslöst (die [Brewer-Dobson-Zirkulation](#)), wo die Luft über den Polarwirbel aus der Stratosphäre in die Troposphäre gelangt (Baldwin, et al., 2019). Der Prozess der El Nino/Southern Oscillation (ENSO) ist an der Modulation des tropischen Transports von Luft aus der Troposphäre in die Stratosphäre beteiligt. Die A0 wurde als „dominanter Modus der Variabilität in den [nördlichen] Extratropen“ bezeichnet (Higgins, et al., 2000).

Trends der A0

Wie in Abbildung 1 dargestellt, nimmt die A0 im 20. Jahrhundert stetig zu, allerdings nicht so stark wie die SAM (siehe Abbildung 3 [hier](#)). Dies sagt uns, dass sich der nördliche Polarwirbel im Durchschnitt verstärkt, was zu einer Erwärmung in den mittleren nördlichen Breiten führt:

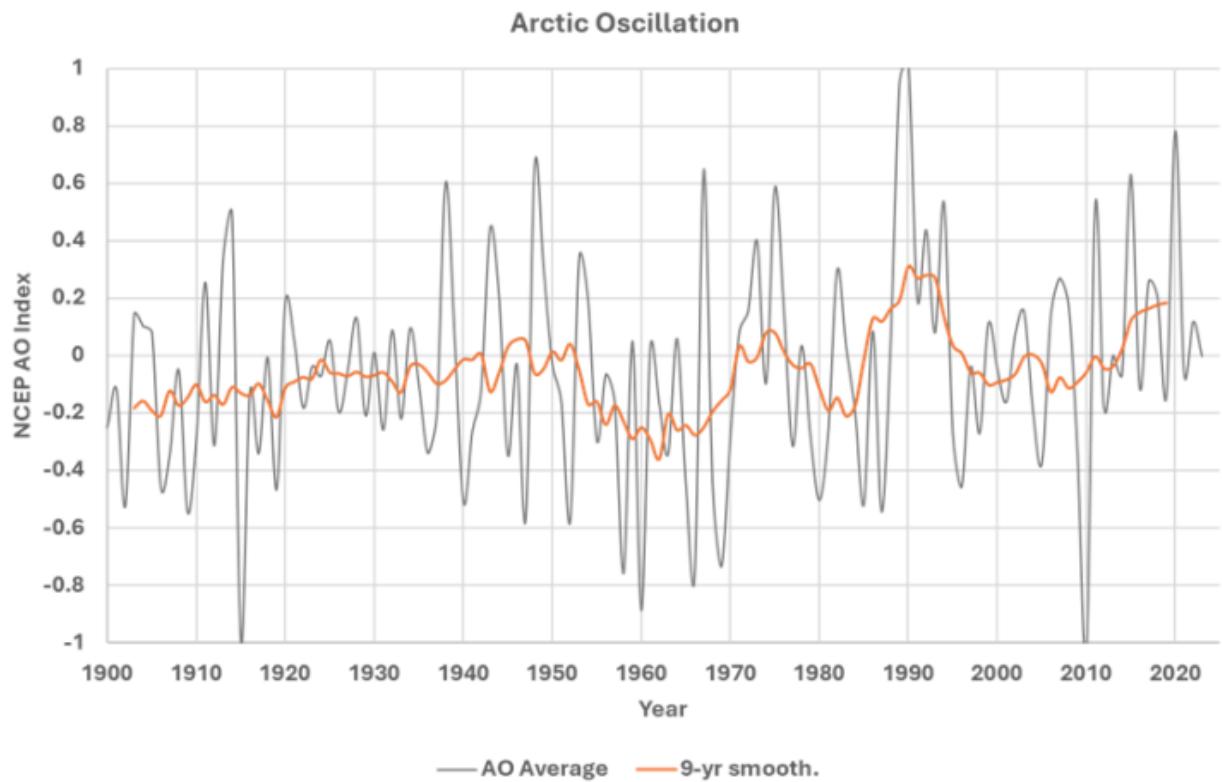


Abbildung 1. Jahresdurchschnitt der NOAA Arctic Oscillation seit 1900. (Thompson & Wallace, Annular Modes in the Extratropical Circulation. Part I: Month-to-Month Variability, 2000), Daten vom [KNMI](#).

Abbildung 1 zeigt einen leichten Anstieg der durchschnittlichen ganzjährigen A0 und deutet auf eine (negativere) Abkühlung von den späten 1940er bis zu den 1970er Jahren hin. Sie zeigt auch eine Erwärmung von den 1970er bis Anfang der 1990er Jahre. Der Trend zu einer positiveren A0 hat die Intensität des Winterwetters in den kontinentalen Regionen der mittleren und hohen Breiten der Nordhemisphäre verringert (Thompson & Wallace, 2001). Der Polarwirbel ist in der Wintersturmsaison in der Arktis viel stärker, daher zeigen wir in Abbildung 2 den Winterdurchschnitt über den gleichen Zeitraum:

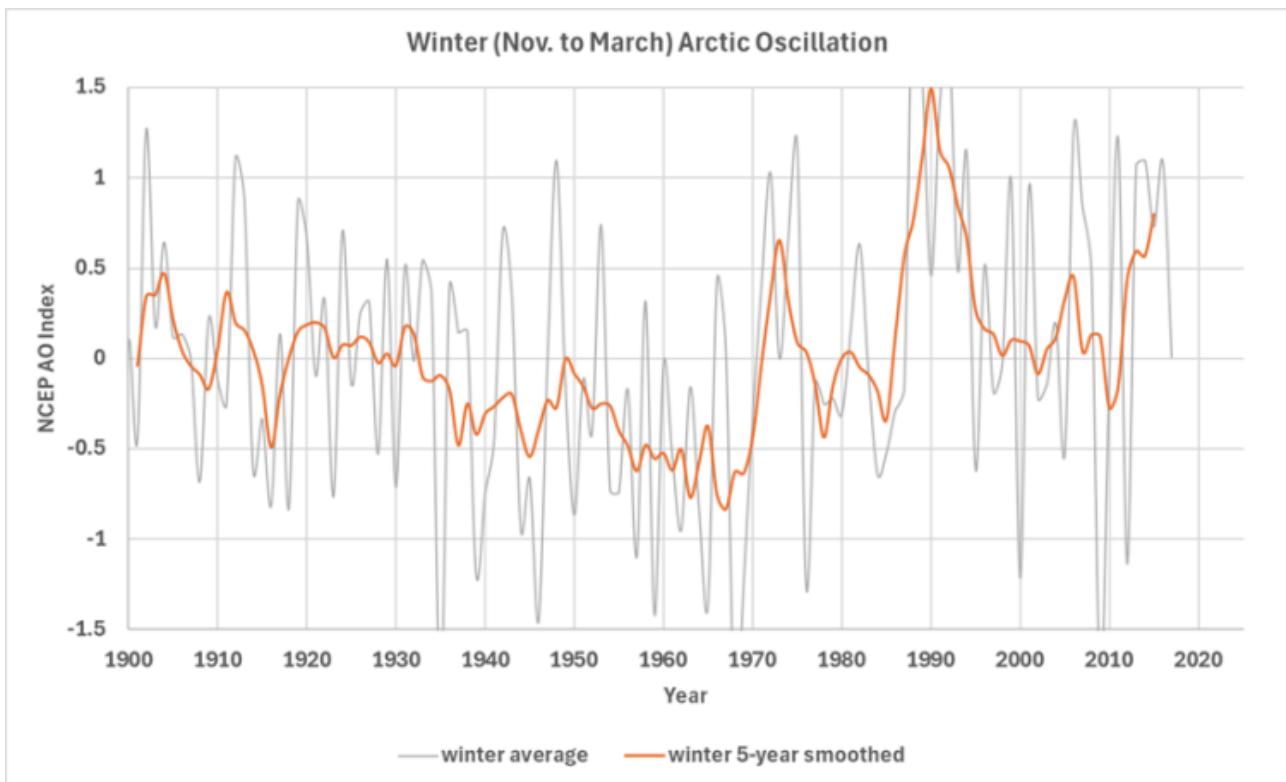


Abbildung 2. Die durchschnittliche NOAA-Arktische Oszillation im Winter. Die Arktische Oszillation hat im Winter eine maximale Wirkung. Daten von [KNMI](#).

Wie in Abbildung 2 zu sehen ist, taucht strenges Winterwetter, das in den nördlichen mittleren Breiten von den späten 1950er Jahren bis 1970 und von 1976-1985 beobachtet wurde, in der AO-Aufzeichnung auf. Ungewöhnliches Winterwetter in diesen Zeiträumen ist [hier](#), [hier](#), [hier](#), [hier](#), [hier](#) und [hier](#) dokumentiert. Mildes Winterwetter wurde in den frühen 1970er und späten 1980er bis zu den frühen 1990er Jahren beobachtet, wie [hier](#) gezeigt wird. In den 1960er Jahren war es in Asien ebenfalls sehr kalt, aber seither ist ein Erwärmungstrend zu beobachten (Kim & Choi, 2021).

Die Nordatlantische Oszillation

Die NAO oder die Nordatlantische Oszillation ist eine sehr wichtige Oszillation sowohl für die Klima- als auch für die Wettervorhersage. Wenn Forscher jedoch die NAO-Indizes mit den Ergebnissen der CMIP5- und CMIP6-Klimamodelle berechnen, sehen sie nur weißes Rauschen aus und weisen fast keine serielle Korrelation auf (Eade, et al., 2022).

Langfristige Wetterbeobachtungen aus der ganzen Welt offenbaren Muster und Zusammenhänge zwischen scheinbar zufälligen Ereignissen und unzusammenhängenden Orten. Diese Beziehungen über große Entfernung offenbaren Veränderungen im meridionalen [Energietransport](#) von den Tropen zu den Polen. Wenn man beispielsweise die täglichen Beobachtungen des Luftdrucks auf der gesamten Nordhalbkugel zusammenfügt, sieht man große

Gebiete mit hohem und niedrigem [Luftdruck](#) auf Meereshöhe (SLP), die sich von Ort zu Ort bewegen und verschieben. Diese Verschiebungen des Luftdrucks an der Oberfläche stellen Verschiebungen der atmosphärischen Masse von Ort zu Ort dar. Die Verschiebung hat ein [Muster](#), das dem Hin- und Herschwappen von Wasser in einer Schüssel ähnelt. Entweder der Luftdruck steigt über der Arktis stärker und über den mittleren Breiten (entweder über dem Atlantik oder dem Pazifik oder über beiden) schwächer oder der Luftdruck steigt über den mittleren Breiten stärker als über der Arktis.

Nördlich des Äquators besteht die bedeutendste „Fernbeziehung“ im Atlantik zwischen einem Gebiet mit anhaltend niedrigem Druck in der Nähe von Island und einem Gebiet mit anhaltend hohem Druck über den Azoren oder dem Gebiet von Gibraltar. Wenn der Druck über Island niedriger als im Durchschnitt und über den Azoren und Gibraltar höher als im Durchschnitt ist, spricht man von einem positiven Modus der nordatlantischen Oszillation. Wenn das Gegenteil der Fall ist, wird die nordatlantische Oszillation als negativ bezeichnet.

Die arktische und die nordatlantische Oszillation stehen in Beziehung zueinander und zur AMO (siehe hier und hier). Meteorologen bezeichnen diese Beziehungen und weitreichenden Oszillationen oft als „Telekonnektionen“. Die Bezeichnung Telekonnektion ist so gut wie jede andere, denn es handelt sich um Komponenten und Indikatoren für Veränderungen des [meridionalen Transports](#).

Sowohl die Arktische Oszillation als auch die Nordatlantische Oszillation werden durch den Luftdruck auf Meereshöhe definiert, und die Muster werden [hier](#) von Rebecca Lindsey gut dargestellt (Lindsey, 2011). Diese Muster und die daraus resultierenden NAO-Temperaturen sind in Abbildung 3 dargestellt:

NAO TEMPERATURE PATTERNS

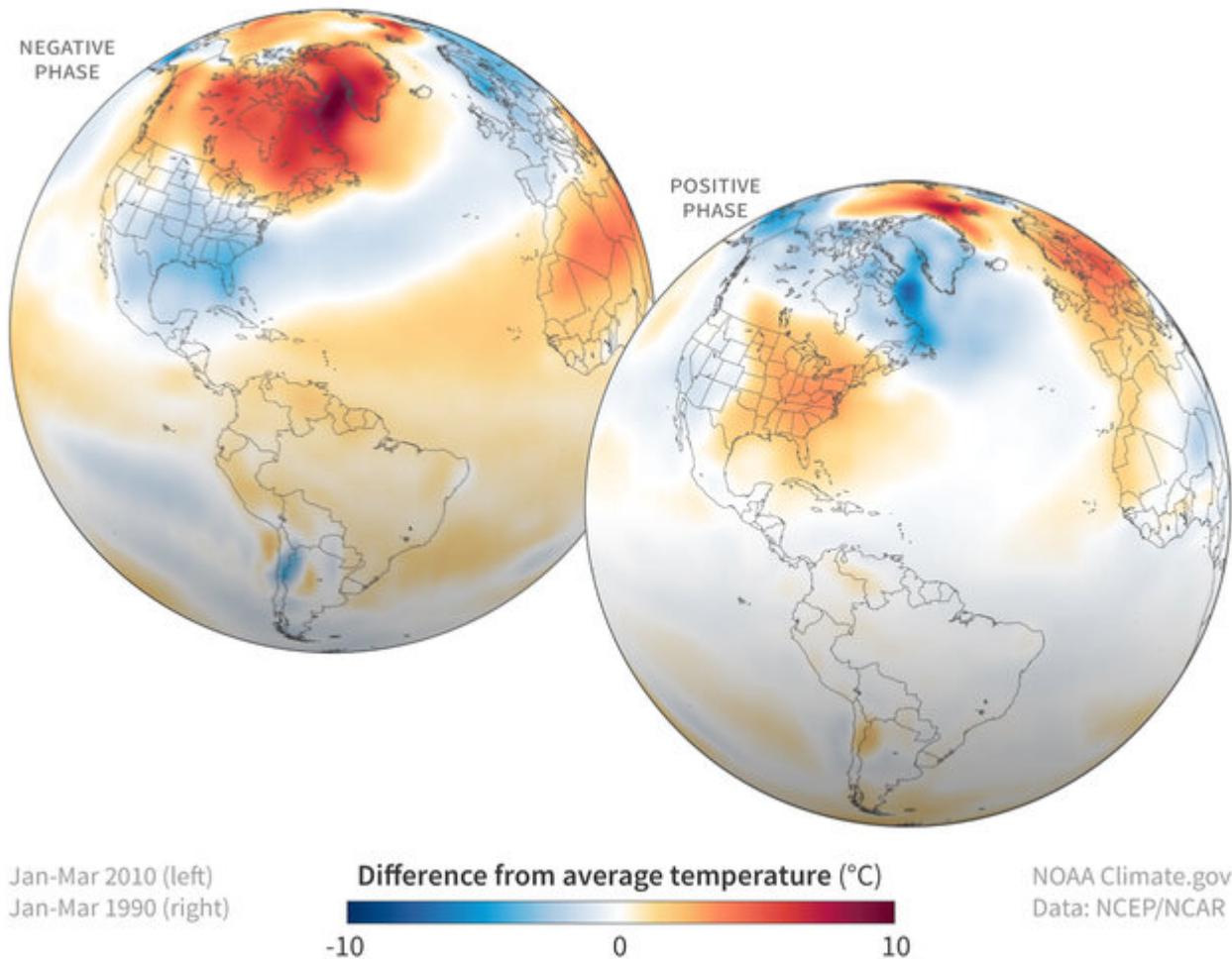


Abbildung 3. Typische NAO-Temperaturmuster. Quelle: ([Lindsey & Dahlman, 2009](#)).

Vergangene, mehrere Jahrzehnte andauernde NAO-Trends (siehe Abbildung 4) lassen sich mit den aktuellen Klimamodellen nicht erklären. Die Modelle reflektieren eindeutig nicht die multidekadischen meridionalen Transportregimes. Klimamodell-Simulationen der NAO-Indizes ähneln weißem Rauschen ohne serielle Korrelation, so Rosie Eade und ihre Kollegen vom MET Office in Großbritannien (Eade et al. 2021). Die Chance, dass Klimamodelle die beobachtete NAO seit 1860 nachbilden, ist sehr gering (1 zu 20). Abbildung 3 zeigt jedoch, dass die NAO-Trends ein wichtiger Indikator für die Stärke des meridionalen Transports (MT) sind. Während der negativen Phase wird viel Wärme polwärts transportiert, wodurch die Polarregion erwärmt wird, und während der positiven Phase der NAO wird nur wenig Wärme in die Polarregion transportiert und es bleibt kalt.

Wenn die Modelle den meridionalen Transport oder die NAO nicht simulieren können, können sie auch den Klimawandel nicht erklären. Wie bereits erwähnt ist der Polarwirbel in den Wintermonaten am stärksten und wenn die AO positiv ist. Ein starker Polarwirbel im Winter hält die kalte Luft in der Arktis und verhindert, dass warme Luft zum Pol

transportiert wird, wodurch sich ihr Ausstoß in den Weltraum verzögert und die mittleren Breiten, einschließlich der Vereinigten Staaten und Europas, erwärmt werden. In Abbildung 4 ist die AO im Winter als Indikator für die Stärke des Polarwirbels dargestellt, und es ist zu erkennen, dass die NAO im Allgemeinen positiv ist, wenn die AO positiv ist (Wallace, 2006), und dass kühlere Perioden in der nördlichen Hemisphäre und weltweit (1950er, 1960er und frühe 1970er Jahre) einen abnehmenden NAO-Trend und eine negative Winter-AO aufweisen.

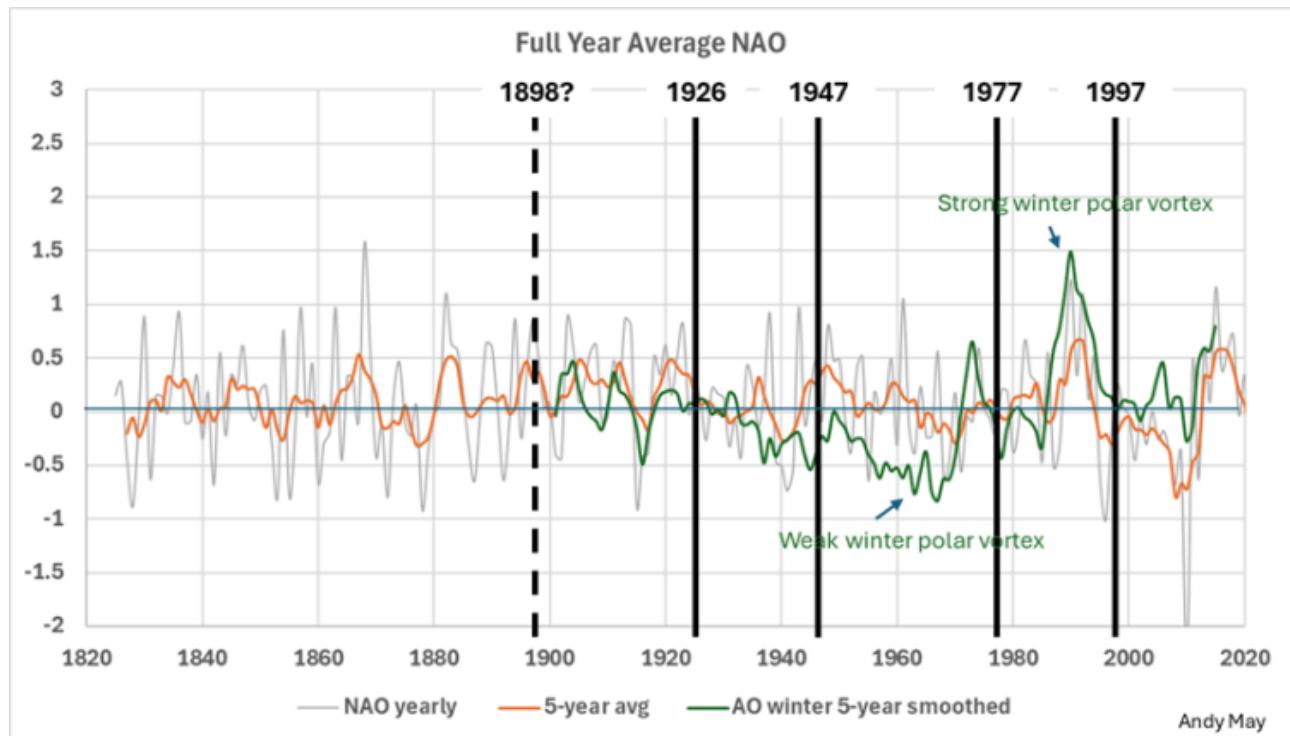


Abbildung 4. Die Rekonstruktion der NAO von Gibraltar/Island durch das Hadley Centre bis 1821. Quelle: (Jones et al., 1997). Die Klimaverschiebungen aus [diesem Beitrag](#) sind als Referenz dargestellt.

Abbildung 5 zeigt das Gleiche wie Abbildung 4, aber nur die Winter-NAO-Werte sind gemittelt. Wie David Parker und Kollegen (Parker, et al., 2007) festgestellt haben, ist der Anstieg der Winter-NAO von 1965 bis 1995 dramatisch. Er ist im Ganzjahresdurchschnitt in Abbildung 4 zu sehen, aber in Abbildung 5 ist er noch viel deutlicher. Sie zeigt auch eine starke Korrelation mit der Winter-AO und damit mit der Stärke des winterlichen Polarwirbels.

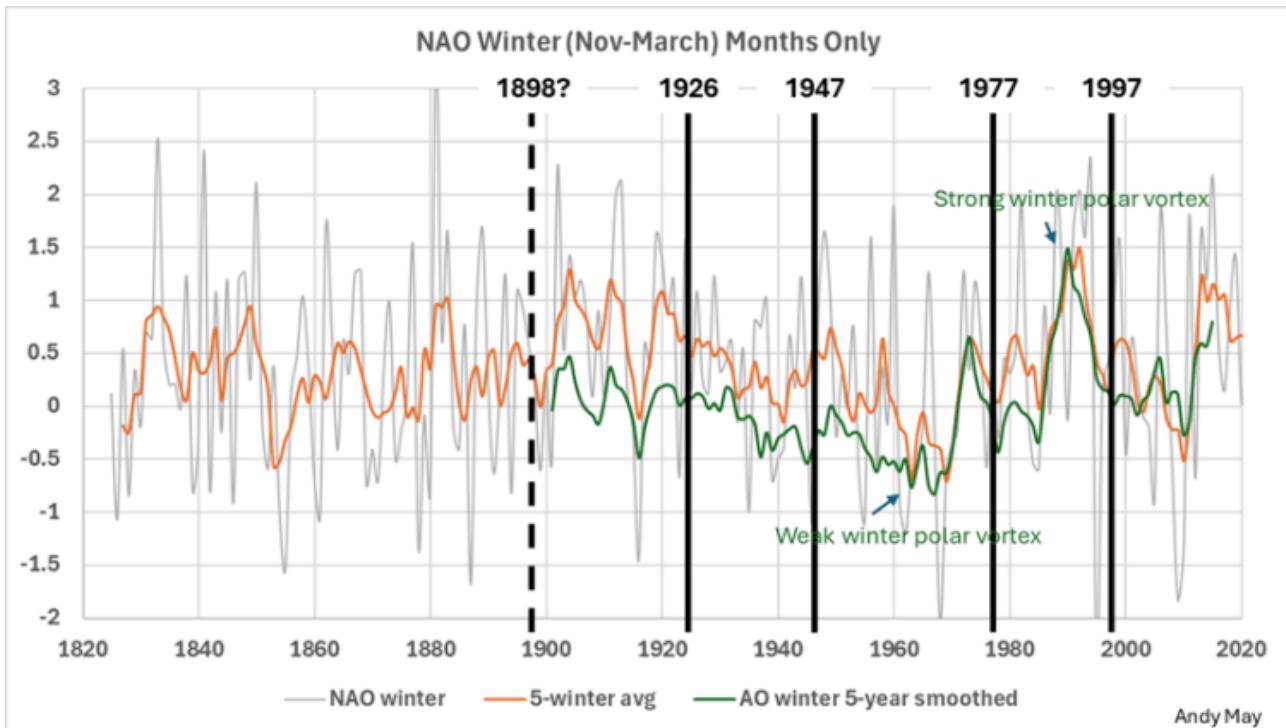


Abbildung 5. Der NAO-Durchschnitt im Winter im Vergleich zur Arktischen Oszillation im Winter, einem Indikator für die Stärke des Winterpolarwirbels. Zur Veranschaulichung sind die Klimaverschiebungen aus [diesem Beitrag](#) dargestellt.

Die NAM und die AO sind zwei Bezeichnungen für ein und dieselbe Oszillation. Das wahre Maß für die Stärke des Polarwirbels ist die „PCH“ oder die zusammengesetzte Anomalie der geopotentiellen Höhe („Polkappenhöhe“), gemittelt von 65°N bis zum Pol und normalisiert durch ihre Standardabweichung (Kim & Choi, 2021). Abgesehen von der PCH ist die AO der stärkste Indikator für die Stärke des Winterpolarwirbels, aber auch die Winter-NAO kann verwendet werden, wie in Abbildung 5 dargestellt. Die Datenqualität vor 1950 ist schlecht, aber seither gibt es eine gute Übereinstimmung zwischen der AO und der NAO im Winter.

[James Hurrell](#) (Hurrell, 1995) verweist auf den raschen Anstieg der NAO im Winter seit 1965 und insbesondere in den 1980er und frühen 1990er Jahren. Er fügt hinzu, dass die Jahrzehnte langen Veränderungen der NAO und die damit verbundenen Veränderungen der atmosphärischen Zirkulation wesentlich zur regionalen Erwärmung beigetragen haben, was die Interpretation der Auswirkungen der Treibhausgase auf das Klima erschwert. Er fügt hinzu, dass die Beziehung zwischen der NAO und dem Treibhausgaseinfluss untersucht werden sollte. Er bittet darum zu untersuchen, wie gut die Klimamodelle die NAO simulieren, da sie in weiten Teilen der Welt einen großen Einfluss auf das Klima hat. Später hat Rosie Eade (Eade, Stephenson, & Scaife, 2022) eine solche Studie durchgeführt und konnte die entscheidende NAO in den Modellen überhaupt nicht finden.

Schlussfolgerungen

Die arktische und die nordatlantische Oszillation sind die dominierenden Variabilitätsmodi des Klimas der nördlichen Hemisphäre. Der beobachtete positive Trend bei der AO/NAO in den letzten Jahrzehnten (siehe Abbildungen 2 und 5) wird in den CMIP5- oder CMIP6-Klimamodellen nicht wiedergegeben; der Ensemble-Mittelwert des Trends aus mehreren Modellen ist sogar gleich Null (IPCC, 2021, S. 490). AR6 fügt auf der gleichen Seite hinzu, dass der beobachtete NAO-Trend außerhalb des 5-95-Perzentilbereichs der CMIP6-Klimamodellverteilung liegt und der AO-Trend über dem 90-Perzentil liegt. Es scheint sehr unwahrscheinlich, dass die Modelle mit solchen Ergebnissen überhaupt brauchbar sind.

Download the bibliography [here](#).

Link:

<https://andymaypetrophysicist.com/2025/07/17/climate-oscillations-9-arctic-north-atlantic-oscillations/>

Übersetzt und geringfügig modifiziert von Christian Freuer für das EIKE