

**DER EINFLUSS DER NORDATLANTIK-OSZILLATION AUF DIE  
NORDALPINEN WINTER 1901-2000  
am Fallbeispiel von Mitterberg (1.503 m) am Hochkönig**

Josef GOLDBERGER, Salzburg\*

mit 3 Diagr. und 2 Tab. im Text

**INHALT**

<i>Abstract</i> .....	215
<i>Zusammenfassung</i> .....	216
1. Einführung und Problemstellung .....	216
2. Die Extremwinter –Vergleich mit der Nordatlantik-Oszillation (= NAO) ..	218
3. Die Perioden und die dekadalen Schwankungen der NAO .....	220
4. Das Ansteigen der NAO .....	223
5. Die Ergebnisse .....	227
6. Literaturverzeichnis .....	231

*Abstract*

*The influence of the North Atlantic Oscillation on the winters in the Northern Alps during the 1901-2000 period, demonstrated by a case study of Mitterberg (1503 m) at the foot of the Hochkönig, Salzburg province*

*The investigation of the influence of the North Atlantic Oscillation (= NAO) on the winters of the Northern Alps is based on a detailed analysis of the winters. This great number of data, with diagrams for each of the 100 winters, facilitated a contrasting of the courses of the temperatures and snow covers with the indices of the NAO during that period. The first result was that the parallelism of extreme temperatures, which, as H. MALBERG had been able to demonstrate, existed between the winters of Berlin from 1929 to 1996 and the NAO, was also present with the course of temperatures in Mitterberg. The high indicative value of the NAO indices were proven by the example of the extreme winters in Mitterberg and were found to be convincing.*

\* Univ.-Doz. Dr. Josef GOLDBERGER, A-5020 Salzburg, Gaswerksgasse 12; Tel.: +43-5333-5465

*The periods of winters in Mitterberg from 1901 to 2000 were identical with the decadic variations of NAO. It was finally possible to show that the rhythm of change between winters with plenty of snow and those with less as ascertained at Mitterberg since 1965 is in agreement with the NAO variations also in respect of amounts of snow. Not only the results of the analyses of Mitterberg (1992) were confirmed, but an approach toward a prognosis of winters to come could be attempted. Through the proven relationship with NAO the problem of Alpine winters receives a global dimension, a bearing on oceanography and polar research.*

### *Zusammenfassung*

*Die Untersuchung über den Einfluss der Nordatlantik-Oszillation (= NAO) auf die nordalpinen Winter fusst auf der eingehenden Analyse der Winter von Mitterberg (1.503 m) am Hochkönig. Mit diesem umfangreichen Datenmaterial einschließlich einem Ablaufdiagramm von jedem der 100 Winter war eine Gegenüberstellung mit den Indices der NAO in Temperaturgang und Schneedecke möglich. Zunächst wurde festgestellt, dass die Extremtemperaturen, die H. MALBERG bei den Berliner Wintern 1929-1996 in enger Verbindung zur NAO aufzeigen konnte, auch mit dem Temperaturgang von Mitterberg übereinstimmen. Die Aussagekraft der NAO-Indices wurde am Beispiel der Extremwinter von Mitterberg überprüft und überzeugend befunden.*

*Die Perioden der Winter von Mitterberg 1901-2000 sind mit den dekadalen Schwankungen der NAO identisch. Schließlich konnte der bei den Wintern von Mitterberg festgestellte Rhythmus von schneereichen und schneeärmeren Wintern seit 1965 in Übereinstimmung mit den NAO-Schwankungen auch bezüglich der Schneemengen aufgezeigt werden. Es wurden aber nicht nur die Ergebnisse dieser Analysen von Mitterberg (1992) bestätigt, sondern auch Ansätze für eine Prognose der Winter festgestellt. Durch die nachweisliche Beziehung zur NAO erhält die Winterproblematik eine globale Dimension, die Ausrichtung zur Ozeanographie und Polarforschung.*

## **1. Einführung und Problemstellung**

Nachdem der EL NIÑO der Jahre 1997/98 alle Medien beherrscht hatte, ist nun die Nordatlantik-Oszillation (= NAO) in den Mittelpunkt des Interesses gerückt. Noch ist die Frage, ob EL NIÑO und NAO zusammenhängen, zum wohl heißesten Problem der Meteorologie und Ozeanographie geworden. Die NAO, diese Schwankung des Luftdrucks zwischen dem Azorenhoch und dem Islandtief, war in ihrer Wirkung den Dänen schon seit Jahrhunderten bekannt. In Kopenhagen wusste man, wenn dort ein strenger Winter herrschte, dass es dann an der Westküste Grönlands mild war und umgekehrt (STEPHENSON et al. 2000). Die Forschung der letzten Jahre hat indes die Erkenntnis gebracht, dass die NAO das weitaus stärkste Signal der Klimaschwankungen in unserem Raum ist (SCHÖNWIESE et al. 1998). Darüber hinaus

haben Messungen von JAKOBI und KÜRSCHNER (1999) am Collm bei Leipzig ergeben, dass auch noch der Bereich der Mesopause in 80 km Höhe mit der Nordatlantischen Oszillation in Verbindung steht.

Drei namhafte Autoren haben den Anstoß zu der Gegenüberstellung der NAO mit den Wintern von Mitterberg (1.503 m) am Hochkönig gegeben: FLOHN (1998) in seiner letzten großen Arbeit im *International Journal of Climatology*, über den Einfluss der NAO auf den Winter; LATIF, vom Max Planck Institut Hamburg, der im *Spiegel* (1997) das Problem EL NIÑO – NAO anschnitt, und MALBERG & BOKENS (1997), die am Beispiel der Berliner Winter 1929-96 den engen Zusammenhang mit der NAO aufzeigten. Der Vergleich mit Mitterberg ist ein faszinierender Brückenschlag zwischen Alpen und Atlantik, zwischen alpinen Schneehöhen und globalen Vorgängen.

Die NAO gilt als Indikator für die Intensität der atmosphärischen Zirkulation im Nordatlantik zwischen den Subtropen und der Subpolarregion (MALBERG & BOKENS 1997). Während das Azorenhoch mit seinen großskaligen Antizyklonen nur wenig schwankt, sind es vor allem die Intensitätsänderungen des Islandtiefs mit seinen hochreichenden Frontenzyklonen (Teil der subpolaren Tiefdruckrinne), welche die NAO bestimmen.

Es besteht eine enge Koppelung zwischen der NAO und den Temperaturen sowie Niederschlägen Mitteleuropas im Winter, eine schwächere hingegen im Sommer und Herbst. Als mittlere Bodendruckdifferenz ergibt sich für den Winter (XII-III) ein Wert von 19,3 hPa (MALBERG & BOKENS 1997). Dieser Mittelwert wird für die Bestimmung des NAO-Index in den Einzelwintern verwendet. Je stärker das Islandtief ausgeprägt ist (positiver NAO-Index), umso kräftiger ist die Westströmung über dem Nordatlantik. Maritime Luftmassen bewirken einen milden und schneereichen Winter. Bei unterdurchschnittlicher Intensität des Islandtiefs (negativer NAO-Index) dehnt sich die Kaltluft des ost- bzw. nordeuropäischen Hochs dauerhaft bis nach Mitteleuropa aus, daher kalte und schneearme Winter. Da die Westströmung vielfach durch Kaltlufthochs blockiert wird, überwiegen meridionale Wetterlagen und Tiefdruckrinnen.

Die "Ombrometerrapporte" von Mitterberg (1.503 m) seit 1901 zählen zu den ältesten Schneeaufzeichnungen von Österreich. Sie wurden vom Verfasser auf Grundlage vieler Schachtgrabungen am Hochköniggletscher (1965-75 Internationale Hydrologische Dekade) analysiert (1992). Wie der Vergleich mit dem Schneeatlas von Tirol von FLIRI (1992) – dem bisher größten Werk der Winterforschung – ergab, können die Werte von Mitterberg als repräsentativ für den Nordalpinen Raum gelten. Von Hochfilzen im Osten bis St. Anton im Westen, herrschte zu den Stationen mit Höhenlagen um und über 1.000 m im Zeitraum von 25 Wintern die hohe Korrelation von 0,85 bis 0,53. Für diesen korrelativen Vergleich wurde bei jeder Station und in jedem Jahr das Produkt aus maximaler Schneehöhe und Dauer der Winterschneedecke eingesetzt.

## 2. Die Extremwinter – Vergleich mit der Nordatlantik-Oszillation (= NAO)

Auf mehreren Wegen und schrittweise wurde die Annäherung an das Problem NAO-Nordalpine Winter vorgenommen. Stichproben aus der Vielfalt der Extremwinter 1901-2000 ließen mit Spannung die entsprechenden "NAO-Index-Monthly" nach HURRELL (1999) (zwischen Ponta Delgada auf den Azoren und Stykkisholmur / Reykjavik) aufsuchen (NAO-Index-Monthly: [http://www.cgd.ucar.edu/cas/climind/nao\\_monthly.html](http://www.cgd.ucar.edu/cas/climind/nao_monthly.html)).

Die Übereinstimmung war überraschend (vgl. Tab. 1). Die Extremwinter boten zudem Einsicht in die Komplexheit der NAO-Werte. NAO-Positivwerte bewirken schneereiche milde Winter (FLOHN et al. 1998), hohe Werte zeigen aber auch Azorenhoch mit Wärme und Trockenheit an. NAO-Negativwerte bedeuten kalte, trockene Winter. Andererseits hat SPREITZHOFFER unlängst (1999) aufgezeigt, dass die höchsten Schneemengen und Schneestürme gerade bei "Low Index Lagen" auftreten, verursacht durch Wirbelbildungen, Troglagen, Frontlinien und konfluierende Jet Streams. Beispiele dafür sind unter anderem der März 1944 mit 365 mm Niederschlag, aber -2,0 NAO oder der Feber 1946 mit 399 mm, aber -0,5 NAO.

Die NAO-Werte zeigen nichtlineares Verhalten und keine einfachen Beziehungen. Darum ist auch der Korrelationswert der Monatsniederschläge von Mitterberg über 300 mm in diesem Jahrhundert mit NAO-Index nur 0,48, weil einige negative NAO-Werte die Korrelation stark drücken. Wie aus der Tabelle 1 ersichtlich, lassen die Extremwinter den Zusammenhang zwischen NAO und dem Wintergeschehen bereits evident erscheinen.

### 2.1 Der Temperaturgang

Die richtungsweisende Untersuchung von MALBERG & BOKENS (1997) über die extrem kalten Winter in Berlin 1929-96 (XII-II) und die NAO ergab den engen Zusammenhang mit dem Faktor 0,65. Erstaunlich hoch ist auch die Übereinstimmung mit Mitterberg, wie die Korrelationen zeigen:

$r = 0,69$  der Vergleich Berlin-Mitterberg (XII-II) 1929-96 in den Abweichungen vom Temperaturmittel, und

$r = 0,49$  in den Temperaturen von Mitterberg (XII-II) 1929-96 und dem NAO-Index.

Dieser Vergleich zeigt nicht nur die weiträumige Übereinstimmung im Temperaturgang zwischen Tiefland und den Bergregionen, wie sie von AUER & BÖHM (1997 Climatic Change 3b, 327.44) bezüglich der Klimaschwankungen in Mitteleuropa aufgezeigt wurden, sondern auch die gemeinsame Steuerung durch die Nordatlantik-Oszillation. Dies bewog mich, ebenso auch den Zusammenhang zwischen NAO und der alpinen Schneedecke zu untersuchen.

Winter	NAO XII-III	N (X-IV)	T (X-IV)	NAO monatl.	Verlauf	Bemerkungen
1925* schneeärmster Winter des Jh.	2,39	417 mm	1,0°	X 1,2 XI 0,6 XII 4,6  I 1,6 II 2,5 III -5,1	10.-26. Heiter 02.-10. Heiter 11.-27. Heiter Um 3,5° zu warm  Um 4° zu warm Um 2° zu warm Nur 100 cm max	"Azoren-Winter"  Sehr gute Übereinstimmung  Temp-Mittel: -1,5
1929 Extrem kalter Spätwinter	-1,03	541 mm	-1,4°	X 2,2 XI 2,1 XII 0,5 I -5,71! II -0,2 III -1,6 IV -3,7	normal in T u. N N 168 mm N 117 mm Beginn extr. Kälte -19,6° St. Johann nur 24 mm N um 5° zu kalt	Lückenlose Übereinstimmung Vorwinter mild, feucht extrem kalter Spätwinter
1930 Regenreichster Winter 68% der N Regen!	0,91	572 mm	0,9°	X 2,3 XI 2,8 XII 4,1  I 2,2 II -0,5 III -1,4 IV -0,4	137 mm, nur Regen zu warm, nur Regen 154 mm, später W Beginn nur 68 cm Max heiter, 3° zu warm heiter und kalt um 2° zu kalt nur Regen	Sehr gute Beweiskraft "Azorenhoch" kalt, trockener Spätwinter
1944 Schneereichster W. des Jahrhunderts	0,61	1.100 mm	-0,6°	X 1,6 XI 1,3 XII 1,3 I 1,6 II -0,6 III -2,0	nur 14 mm N, warm feucht, kühl 135 mm feucht, mild 230 mm, -5,65°! 365 mm, -6,3°	pos. NAO, hohe N mild  neg. NAO, kalt höchster N infolge Polarjet (KLAUS, LAUER 1999)
1963 kältester Winter des Jh.	-3,6	631 mm	-2,0°	Die Monatswerte NAO negativ I -7,0 tiefster Wert des Jahrhunderts.		
1972 Wärmster Winter des Jh.! Nur 9 Jahre vom kältesten "entfernt"!	0,34	514 mm	+2,8°	Stark angehobenes Temp.-niveau, Azoren-Winter" warm, schneearm Monats-NAO positiv bes. XII +2,7, 107 mm 15 Regentage I 2,5° zu warm und trocken: Azorenhoch		
1975 Der längste Winter 243 Tage 1.X. -31.V.	1,63	1.200 mm	+0,5°	X -0,9 TR,NW,N XI +1,1 XII 2,4 I 1,9 II -0,6 III -0,5 IV -0,2	4° zu kalt  161 mm, W-Lagen zu warm, 335 mm 215 mm, 11 W, zu warm nur 28 mm, N, 2TR, HE, HF, 14 H 168 mm, 6 TR, TS 8G, 3HF, 3S, TS, S, NW	Atlantischer Typ – Ausgezeichnete Übereinstimmung

Abkürzungen: N = Niederschlag, TS = Tief im Süden, S = Südströmung, NW = Nordwestströmung, HE = Hoch im Osten, TR = Tiefdruckrinne, G = Gradient schwach, Max = Maximale Schneehöhe, HF = Hoch Fennoskandia

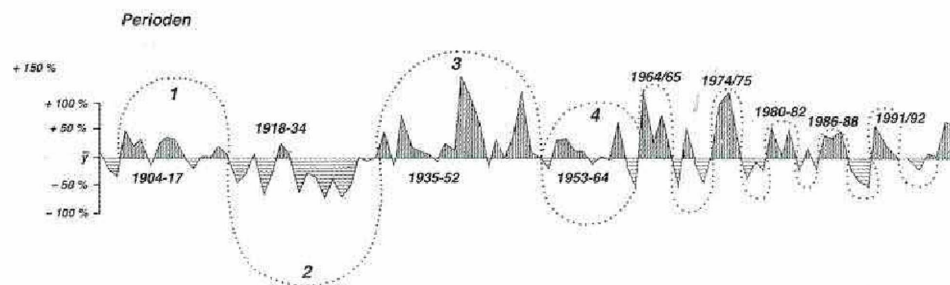
\* Der Kürze halber wird nur eine Jahreszahl angegeben: z.B. 1925 für den Winter 1924/25

Tab. 1: Extremwinter – Vergleich mit der Nordatlantik-Oszillation

### 3. Die Perioden und die dekadalen Schwankungen der NAO (vgl. Diagr. 1)

Die Intensität eines Winters ist nicht durch eine Variable allein bestimmt. Jedoch das Produkt aus der Dauer der Winterschneedecke und ihrer Maximalhöhe in jedem Winter bündelt alle drei Variablen Niederschlag, Temperatur und Dauer in einem einzigen Wert. Jene Werte, die nun über dem Durchschnitt seit 1901 (nämlich 169 x 189) liegen, werden in diesem Diagramm als positiv, die darunter liegenden als negativ dargestellt. Dadurch ergeben sich die Perioden (1-4), die scharf voneinander abgegrenzt sind.

Das Diagramm dokumentiert nicht nur den dramatischen Verlauf dieser Wintergeschichte, das Kippen ins andere Extrem, sondern auch die Klimaschwankungen im abgelaufenen Jahrhundert. Der Vergleich mit den "dekadalen Variationen", mit denen sich besonders BJERKNES (1962), HURRELL & LOON (1997), sowie STEPHENSON et al. (2000) auseinandergesetzt haben, zeigt deutlich die Übereinstimmung mit diesen Perioden. Sie werden jeweils durch "Sprünge der NAO-Indices" eingeleitet.



Diagr. 1: Die Winter von Mitterberg (1.503 m) 1901-2000 (Erklärung im Text)

#### 3.1 Die Winter 1904-17: Stabilität

Der Durchschnitt der NAO (XII-III) beträgt in diesem Zeitraum 0,71. Positive Jahreswerte weisen auch die einzelnen Winter auf, mit Ausnahme der letzten. Die Kälte als Hauptmerkmal ist deutlich mit der NAO verbunden: Die extremen Monatsmittel ab  $-6^{\circ}\text{C}$  weisen mit einer Korrelation von 0,82 enge Verbindung zu den NAO-Monatswerten auf. Die Durchschnittstemperatur (X-IV) dieser Winter beträgt  $-0,5^{\circ}\text{C}$ . Das Ende dieser Periode ist deutlich durch die beiden Lawinenjahre 1916 und 1917 mit ihren NAO-Negativwerten markiert ( $-0,69$  und  $-3,8$ ). Selbst in Detailfragen, wie die Rolle der Monate, ist die Prägung durch die NAO unverkennlich. Der fast schneefreie Oktober in den Jahren 1906-17 entspricht mit 0,56 dem NAO-Monatsindex. Auch der Schneereichtum des Novembers 1903-17 ist mit 0,29 noch angedeutet. Die April-Monate sind ebenfalls schneereich: 0,51. Allgemein sind aber die Korrelationen zu den Schneehöhen geringer als bei den Temperaturen.

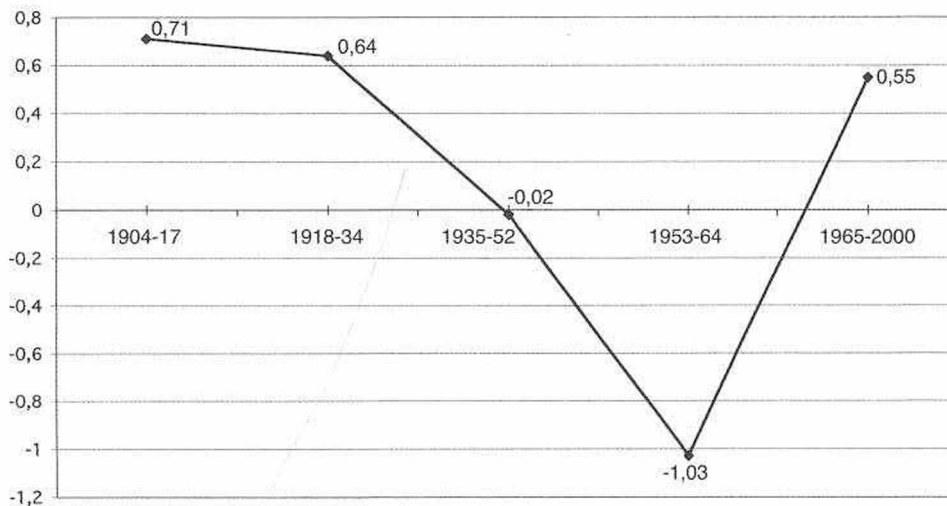
### 3.2 Die "Talfahrt" der NAO (vgl. Diagr. 2) Die Winter 1918-34: Instabilität und Polarisierung

Der NAO-Durchschnitt in dieser Periode von 1918-34 ist mit 0,64 gegenüber dem vorhergehendem Wert 0,71 gar nicht so verschieden, in der Realität könnte man sich aber kaum einen größeren Gegensatz vorstellen.

Es ist aber auch eine Periode der Instabilität mit Extremwerten in Temperatur (Winter 1929) und Niederschlag (Winter 1920 mit den großen Schneemassen). Allein die Temperatur (XII-III) steigt in dieser Periode um 0,3°C, vor allem aber nehmen die Niederschläge um 22% ab. Es ist eine Kette von "Hungerwintern" (wie in den Extremwintern ersichtlich), da der Winterniederschlag bis zu 64% (Winter 1930) als Regen fällt – und das in 1.500 m Höhe! Besonderes Kennzeichen dieser Periode ist die Polarisierung der Winter in einen milden und trockenen Früh- und Hochwinter und einen extrem kalten Spätwinter (II-IV). Durch die positiven NAO-Werte im 1. Teil und die negativen im 2. Teil ergibt sich dieser Mittelwert von 0,64. Ein Musterbeispiel von Fehleinschätzung, wenn man nicht weiß, aus welchen Extremen dieser Mittelwert zustande gekommen ist.

Bezüglich der Rolle der Monate kommt dem Jänner und dem März besondere Bedeutung zu: Das so genannte "Jännerloch" 1925-34 mit seinen viel zu warmen Temperaturen und die Schneearmut des März 1918-34. Nach den NAO-Werten von Hurrell ergab sich für das "Jännerloch" eine Korrelation in der Temperatur von 0,52, für die Schneearmut des März sogar 0,67.

Verwendet man nun die Phil JONES NAO-Indices (<http://www.cru.uea.ac.uk/ftpdata/nao.dat>), so ergeben sich viel höhere Werte, nämlich für das "Jännerloch" sogar 0,73 bezogen auf die Temperatur und außerdem für die (geringe) Schneehöhe 0,51, für den März bezüglich der Temperatur 0,74. In diesen Werten ist außerdem



Diagr. 2: NAO-Durchschnitt der Perioden

eine Bestätigung der von SCHERHAG (1963) vermuteten Verschiebung des Azorenhochs nach Westen zu sehen. Die Phil JONES-Werte erfassen diese Veränderung deutlicher, da sie den Druckunterschied zwischen Gibraltar und Island angeben. Die Korrelationen für die gesamte Periode 1918-34 sind infolge der Instabilität geringer:

- 0,47 bezüglich der Temperatur (XII-III)
- 0,27 bezüglich der Dauer der geringen Schneedecke.

### 3.3 1935-52: Die schneereichsten Winter

Die Zäsur gegenüber der schneeärmsten Periode vorher bilden die beiden Lawinewinter 1935 und 1936, ausgelöst durch einen Absturz des NAO-Wertes von 0,07 auf -3,09 (1936). Der Durchschnitt der NAO beträgt in diesen 18 Wintern -0,02, also nahe der Null-Grenze. Die Auswirkung geht in zwei Richtungen: Einerseits entsteht die schneereichste Periode mit einem Anstieg des Monatsdurchschnittes um 44% gegenüber vorher, andererseits erfolgt eine Abkühlungs-Periode (in ganz Mitteleuropa) durch weiteres Absinken der NAO. Die Korrelationen dieser Periode lauten:

- 0,49 zum Winterniederschlag (XII-III)
- 0,37 zur Temperatur (Monatsmittel) (XII-III)

NAO-geprägt ist auch die Struktur der Monate, die zu diesen gewaltigen Schneehöhen von 3,75 m im Winter 1944 führte. Interessant dieser Winter 44 mit dem NAO-Wert 0,61. Von FLOHN et al. (1998) wurde er als "Weak NAO" bezeichnet, aber er war der schneereichste Winter des ganzen Jahrhunderts! Die negativen NAO-Werte stimmen allerdings – bezüglich des kalten Februar (-5,8°C) und des noch kälteren März (-6,3°C). Den Auftakt zu den großen Schneehöhen setzten die niederschlagsreichen Oktober 1934-52 (NAO: 0,46), dazu die November ab 1947.

1940-42 ist eine ausgeprägte Negativperiode mit Extremkälte in allen drei Wintern (XII-II). Merkwürdig ist aber, dass gerade die kalten Monate XII/41 und I/42 positive NAO-Werte aufweisen.

### 3.4 1953-64: Die kältesten Winter des Jahrhunderts

Die Talfahrt der NAO setzt verstärkt ein, der Mittelwert dieser 14 Winter beträgt -1,03. Typisch dafür sind die Korrelationswerte 0,69 mit der Temperatur (XII-III), aber nur 0,18 mit dem Niederschlag.

In der Schneehöhe bricht die Beziehung zum NAO-Index überhaupt zusammen. Aber auch der schneereiche Winter 1962 mit 2,50 m max. Schneehöhe hat einen stark negativen Index (-2,38), indem die Monate XII-III sehr kalt sind. Auch das ist eine Folge weit sich erstreckender meridionaler Tröge und der Wirbelbildung.

Der kälteste Winter des Jahrhunderts, 1963, hat mit -3,6 auch den tiefsten NAO-Index in dieser Periode. Bodensee und Attersee waren ein letztes Mal Eis-bedeckt. Es kann wohl kein Zweifel mehr an dem tiefgreifenden Einfluss der NAO auf den nordalpinen Winter sein, mag auch mancher Einzelfall derzeit noch ungeklärt bleiben.



#### 4. Das Ansteigen der NAO (vgl. Diagr. 3)

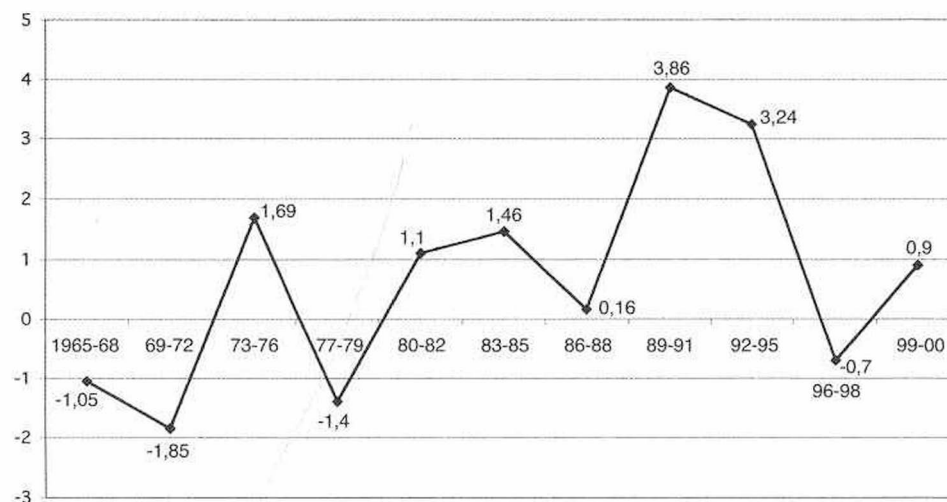
Mitte der 1960er Jahre beginnt der ansteigende Trend der NAO (STEPHENSON et al. 2000), gefolgt von dem bisher nicht dagewesenen Aufstieg der 1990er Jahre (HURRELL & LOON 1997). Durch nichts könnte der Umbruch der NAO von der Talfahrt zu neuem Anstieg deutlicher zum Ausdruck kommen, als durch die Korrelationswerte der Winter 1965-68:

- 0,94 im Niederschlag (XII-III), aber nur
- 0,07 in der Temperatur (XII-III).

1965 war ein gewaltiger Winter und hervorragend seine NAO-Beziehung, mit der Temperatur über alle sieben Monate (X-IV):

- 0,85 (z.B: der Februar mit  $-7,9^{\circ}\text{C}$  Mittel und  $-5,1$  NAO)
- 0,49 (mit dem Niederschlag X-IV)

Richtungswesend auch für die Existenz von Zyklen oder Phasen und ihre Bindung an die NAO war die Studie von MALBERG & BOKENS (1997) über die Berliner Winter 1929-96 mit dem Auftreten extremer Winterkälte in einem Abstand von jeweils sieben Jahren bzw. sechs bis acht. Das bedeutet zwei Phasen von 3 + 3, oder 3 + 4 oder 4 + 4 Jahren, eine klare Bestätigung der Periodizität, wie sie die Winteranalyse von Mitterberg ergeben hatte. Diese Zyklen oder Phasen, die ab 1965 deutlicher in Erscheinung treten, waren auch schon vorher vorhanden, wie das Diagramm von Mitterberg zeigt. Die Korrelationen bei den Phasen sind deutlich höher, sicher auch durch die Kürze der Reihen bedingt. Bei dieser Bezugnahme auf die NAO handelt es sich aber nicht nur um eine monokausale Betrachtung, denn in diesem Index sind die Einflüsse aller Art erfasst, zB. auch der  $\text{CO}_2$ -Gehalt.



Diagr. 3: NAO-Durchschnitt der Phasen

#### 4.1 Die Phasen 1965-2000

Kein Winter gleicht völlig dem anderen und doch gibt es bestimmte Typen. Da von jedem der 100 Winter ein Diagramm mit der Entwicklung der Schneedecke, den Monatskurven von Niederschlag und Temperatur, sowie den Regentagen, aus den 700 Monatsblättern von Mitterberg (X-IV) erstellt wurde, war das Erfassen der Merkmale im Ablauf der Phasen fast lückenlos möglich. Die Wetterlagen wurden aus den Monatsübersichten der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik entnommen. Seit 1997 liegen außerdem die automatischen Messungen des Hochwasserdienstes "HydriS" auf der Karbachalm, 1.562 m (Mühlbach) vor.

##### *Phase 1965-68*

Der NAO-Durchschnitt dieser Phase ist auf -1,08 gestiegen und damit auch der Monatsniederschlag (XII-III) auf 154 mm. Gemeinsam ist dieser Phase die extreme Kälte im Jänner und Februar, die Schneehöhen über 2 m und ihr Maximum im März und April.

##### *Negativphase 1969-72*

Der NAO-Durchschnitt sinkt in diesen vier Wintern auf -1,85, der Winterniederschlag (XII-III) geht monatlich auf 84 mm zurück. Vor allem XII und I sind um die Hälfte zu schneearm. Die Temperatur steigt – zu warm sind Früh- und Spätwinter. Damit beendet diese Phase die über 30-jährige Abkühlungsperiode 1938-68. Der Anteil des Regens am Niederschlag (X-IV) steigt auf 20%. Die Korrelationswerte der Phase 1969-72 sind geringer infolge der großen Unterschiede der Winter.

- Temperatur (XII-III) 0,51
- Niederschlag (XII-III) 0,13.
  
- **Winter 1969:** NAO sinkt auf -4,89 (XII-III) und der Niederschlag auf 520 mm (X-IV). Ein "Hungerwinter", Max. Schneehöhe nur 100 cm! XII und II: Große Kälte (NAO-Index -2,3 und -4,0).
- **Winter 1970:** NAO steigt auf -1,89, auch der Niederschlag (X-IV) auf 966 mm; II, III, IV sehr schneereich, Max. 2,60 m im April. Meridionale Strömungen und Tröge sind sehr stark vertreten.
- **Winter 1971:** Nur negative NAO, Ausnahme Februar: 132 mm Niederschlag.
- **Winter 1972:** NAO +0,34. Alle Werte sind mit Ausnahme des Oktobers bereits positiv. Ein "Azoren-Winter", subtropische Luftmassen, extrem schneearm. Wärmster Winter des Jahrhunderts: 2,8°C (X-IV)!

##### *Positivphase 1973-76*

Enormer Anstieg des NAO-Durchschnitts auf +1,69. Bringt ebenso starken Anstieg von Niederschlag und Temperatur.

Gesamtrelation Winter 1973-76 (XII-III) : 0,84 im Niederschlag  
 0,84 ebenso in max. Schneehöhe  
 0,26 in der Temperatur (XII-III)

Alle vier Winter haben positive NAO-Werte (XII-III), es sind durchwegs "warme" Winter X-IV, bis  $+1,5^{\circ}\text{C}$ ). Mit 2,72 m auch höchster Durchschnittswert in der max. Schneehöhe, sowie längste Dauer. 1975 war der längste Winter des Jahrhunderts, mit 243 Tagen somit ein extrem atlantischer Typ.

**Negativphase 1977-79**

Statistische Lücke durch den Tod von Maria RADACHER, Arthurhaus. Station verlegt auf Mitterfeldalm 1.660 m (Paul KREUZBERGER). Werte interpoliert (St. Johann, Bischofshofen), entsprechen im Typ der schneearmen Phase.

**Positivphase 1980-82**

Durchschnitt der NAO 1980-82 (XII-III)  $+1,1$ . Anstieg des Monatsniederschlags auf das Maximum von 160 mm. Hingegen Temperaturabfall um  $1,3^{\circ}\text{C}$  gegenüber Phase 1973-75. Alle drei Winter haben 220-240 cm Schneehöhe und bewirken auch einen Massenzuwachs der alpinen Gletscher.

Korrelationen der Phase 1980-82: Temperatur (XII-III) 0,97

Niederschlag (XII-III) 0,65

Merkmale: Warme Frühwinter, kalte Hoch- und Spätwinter, Starkniederschläge im Jänner und April.

**Paradigmawechsel Winter 1983-85**

Die NAO steigt weiter auf 1,16 und wechselt aber nicht, wie bisher im Rhythmus. Der Niederschlag nimmt stark ab, die Temperatur (XII-III) nimmt aber zu. Die Korrelation der gesamten Phase zu den zwölf Monatswerten der NAO (XII-III) beträgt.:

- in der Temperatur – Abweichung 0,60
- im Niederschlag – Abweichung 0,45

Der Winterniederschlag sinkt auf 688 mm (X-IV), den tiefsten Wert nach Periode II 1918-34. Merkmale: Schneedefizit, warme Frühwinter, kalte Spätwinter, die Kontraste steigen.

**Positivphase 1986-88**

NAO  $+0,16$ , sinkt gegenüber Winter 1983-85, Winterniederschlag steigt aber auf 848 mm (X-IV). Warmer Frühwinter, extremer kalter März. **Sehr dynamischer Winter**, max. 240, 210, 250 cm Schneehöhe.

Korrelationswerte der Phase 1986-88 : Temperatur (XII-III): 0,97

Niederschlag (XII-III): 0,47

Diese drei Winter hat SPREITZHOFER (1999) als Beispiel für Schneestürme und Starkschneefälle bei "Low-Index-Lagen" angeführt. Ihre Dynamik ist im Winter 1986 mit seinen großen Sprüngen in den NAO-Monatswerten erkenntlich:

- Jänner:  $+2,7$  NAO
- Februar:  $-3,9$  NAO
- März:  $+5,0$  NAO

**Phase 1989-91**

Mit einem gewaltigen Anstieg der NAO auf +5,08 (1989) von vorher 0,72 (1988) setzt die merkwürdigste Phase der letzten 40 Jahre ein. Nicht, wie erwartet, große Schneemengen und mild, sondern drei "Hungerwinter" folgen. Es steigt der Temperatur-Durchschnitt gegenüber der vorausgehenden Phase 1983-85 um fast 3°C, und der Winterniederschlag sinkt auf 100 mm pro Monat.

Diese drei Winter waren auslösend für die Klimahysterie vom "Ende der alpinen Winter". Der hohe Index dieser Phase (NAO +3,4) bedeutet eine Dominanz subtropischer Luftmassen mit S- und SW-Strömung und wochenlangen Hochdrucklagen, besonders im Jänner und Februar.

Der Winter 1989 mit der NAO 5,08 hat 810 mm N (X-IV), aber der Niederschlag in fester Form beträgt nur 580 mm (19% waren Regen).

Ähnlich der Winter 1990 mit 2,5°C Wintermittel (X-IV), extrem hohen NAO-Werten 4,9 im Jänner und 4,1 im Feber, mit ungewöhnlichen Starkregen am 14.II. mit 102,5 mm und am 15.II mit 67,8 mm. Ein Beweis für die gewaltige Turbulenz sind die beiden Orkane Viviane am 28.II. und Wiebke am 1.III.90.

Der Winter 1991 hatte zwar nur 528 mm N (X-IV) aber davon 29% Regen, ein arger "Hungerwinter" mit nur 110 cm max. Schneehöhe.

**Die Positivphase 1992-95 – Beginnende Talfahrt der NAO (vgl. Diagr. 3)**

Der von mir bereits prognostizierte Schneereichtum tritt in dem Prachtwinter 1991/92 ein. NAO-Durchschnitt (XII-III) dieser Phase +3,2. Anstieg des Monatsdurchschnitts der Niederschläge (XII-III) auf 130 mm, die Temperatur sinkt auf -0,7°C (XII-III). Korrelationen der gesamten Phase (XII-III):

- Temperatur (XII-III): 0,98 Jahreswerte
- Niederschlag (XII-III): 0,58 Jahreswerte
- Dauer der Schneedecke 0,80

**Winter 1992:** Ausgesprochen atlantischer Typ. Der hohe NAO-Wert 3,28 drückt dem ganzen Winter den Stempel auf: 240 cm max. Schneehöhe. Nur der Jänner mit -1,4 NAO negativ, nur 8 mm Niederschlag, Hochdruck- und meridionale Lagen.

Insgesamt zeigt diese atlantische Phase hervorragende Übereinstimmung mit NAO.

**Negativphase 1996-98**

Setzt mit dem Bruch der NAO von +3,95 (Winter 1995) auf -3,78 (Winter 1996) ein. NAO-Durchschnitt (XII-III) -1,09. Talfahrt der NAO um fast vier Werte gegenüber Phase 1992-95.

Monatsdurchschnitt der Niederschläge (XII-III) fällt auf 91 mm

Monatsdurchschnitt der Temperatur (XII-III) bleibt bei -0,7°C.

Die Negativphase wirkt sich durch Vorherrschen von Nordströmung, Tiefdruckrinnen, Tief im westliche Mittelmeer, Tief im Süden und auch durch Hoch im Osten, Hoch über Fennoskandia sowie wenig wenig Westlagen aus.

Gemeinsam: Bereits im November Wintereinbruch: Nordströmung, Tief im westlichen Mittelmeer. Jänner und Februar schneearm, erst März bringt Schneemassen, Maximum März und April (17.4.97)

**Winter 1996:** Als "strenger Winter" von europäischen Auswirkung.  
Februar und März Kältewelle: Elbe, Spree, Zuidersee Eis-bedeckt.

***Positivphase: Die Winter 1999 und 2000***

Der Schlusspunkt des Jahrhunderts bilden die beiden gewaltigen Winter 1999 und 2000 (vgl. Tab. 2).

NAO-Indices: Werte aus Climate Bulletins, March, Climate Prediction Center, Tab "Teleconnections" Prof. KUHN).

Niederschlags-Monatsdurchschnitt (XII-III) steigt auf 163 mm, fast doppelt soviel wie Winter 1996-98.

Temperatur-Durchschnitt fällt aber auf -1,3°C.

## **5. Die Ergebnisse**

Der "Brückenschlag" von der Nordatlantik-Oszillation zu den Daten der Winter 1901-2000 am Fallbeispiel von Mitterberg führte zu einem Durchbruch in der Winterproblematik. Schritt für Schritt konnte aufgezeigt werden, dass der Ablauf der nordalpinen Winter durch die NAO gesteuert wird.

Gerade jene Ergebnisse meiner 1992 vom Hydrographischen Zentralbüro veröffentlichten Langzeitanalyse der Winter von Mitterberg, die zum Teil mit Skepsis aufgenommen wurden, fanden eine Bestätigung:

*1: Die Zunahme der Winterniederschläge = Schneemengen:*

LAUSCHER (1993), hatte die aufbereiteten Daten von Mitterberg einer Trendanalyse unterzogen und kam zu dem auch für ihn "verblüffendem" Ergebnis, dass die Schneemengen in Zunahme begriffen sind. Daran ist keineswegs die Verlegung der Messstation 1978 auf die Mitterfeldalm 1.660 m schuld, der Trend war bereits vorher da und hat sich seither verstärkt. Seither wurde diese Zunahme der Niederschläge bestätigt: SCHÖNWIESE et al. (1993), MOHNL (1996) und FRAHM & KLAUS (1997).

*2: Zyklen von schneereichen "atlantischen" und schneearmen "meridionalen" Wintern:*

Dieser Wechsel von Positiv- und Negativphase der NAO war bei aufsteigender NAO-Tendenz seit dem Winter 1965 sehr regelmäßig, ist aber kein starres System. Mit der Phase 1983-85 ist ein Paradigmawechsel eingetreten, jedoch die Bindung von Niederschlag und Temperatur an die NAO blieb aufrecht.

Die Bedeutung der Untersuchung liegt nicht lediglich darin, im nachhinein den Einfluss der Nordatlantik-Oszillation auf unsere Winter aufzuzeigen. Es geht vielmehr auch um die Frage der Prognostizierbarkeit. Hier scheiden sich die Meinungen: SCHUEPP et al. (1998), SCHÖNWIESE (1998), KLAUS & LAUER (1999), STEPHENSON et al. (2000) sind ablehnender Meinung.

Demgegenüber ist auf den Erfolg der EL-NINO-Fachleute hinzuweisen, denen es gelang, ab dem Jahr 1986 den Eintritt dieses Phänomens vorauszusagen. Nochmals ist in diesem Zusammenhang auf die Studie von MALBERG & BOKENS (1997) hinzuweisen, die bezüglich extremer Winterkälte von Berlin eine Periodizität nachwies. Auch bei den nordalpinen Wintern sind aufgrund des NAO-Einflusses Ansätze für eine Prognose gegeben.

So wurde im Herbst 1991 nach den vorausgehenden "Hungerwintern" der Eintritt einer schneereichen Phase (Salzburger Nachr., 11. Sept. 1991 und "Die Presse", 11. Jän. 1992) vermutet und tatsächlich war der Winter 1992 ein Prachtwinter. Aber auf das Jahr genau ist die Prädikabilität wohl nicht möglich. So wurde auch bereits 1998 die positive NAO-Phase vermutet. Aber erst in den Wintern 1999 und 2000 trat sie gewaltig in Erscheinung (vgl. Tab. 2). Jedenfalls Grund genug, diese Problematik der NAO-Steuerung noch eingehender zu erforschen.

Freilich sind auch die Winter von Mitterberg im vergangenen Jahrhundert um durchschnittlich 1,6°C wärmer geworden, ohne aber schneeärmer zu sein, geschweige denn überhaupt in Frage gestellt zu werden. Allein dieser Umstand der Anknüpfung unseres Wintergeschehens an die Vorgänge im Bereich der NAO und damit auch an die Zirkulationsmechanismen im Polarmeer rückt die Beurteilung in den globalen Rahmen. Angesichts dieser Ergebnisse, die für den Wintersport und auch für die gesamte Wirtschaft von Bedeutung sind, war der Aufwand einschließlich der vielen Schachtgrabungen mit Hilfe der Jugendlichen am Hochköniggletscher und der vielen Begehungen durchaus gerechtfertigt.

Ich habe besonders zu danken Direktor Dr. Jörn THIEDE vom Alfred Wegener Institut für neueste Literatur, Univ.-Prof. Dr. Michael KUHN für die Beratung auch zum Internet, sowie meinem Freund DDr. Friedrich LAUSSERMAIR für die NAO-Diagramme und meinem Sohn Christian für die Computerarbeit.

### 5.1 Nachtrag (vom Juli 2001)

Früher als erwartet, trat bereits in diesem Winter 2001 die **NAO-Negativphase** ein. Index: -0,5 (nach Phil JONES, XII-III). Daher:

1. Ein blockierendes asiatisches Kältehoch (im Jänner Krasnojarsk -54°C, Extremkälte in der Mongolei).
2. Dadurch dominierten die meridionalen Wetterlagen, besonders Südwest-Strömung und Tröge. Wochen hindurch immer wieder Föhn – hingegen im Wallis, Aostatal, in der Poebene Hochwässer und Muren.
3. Schneearmut in den Nordalpen, Winterschneedecke erst ab Mitte Dezember.
4. An den Küsten Westeuropas durch die Sturmtiefs Hochwässer und Katastrophen. Erst die Analyse der einzelnen Wintermonate lässt den Einfluss der NAO auf den Winterverlauf deutlich erkennen.

Winter	NAO XII-III	N XII-IV	T	NAO monatl.	Verlauf
1999	0,9	979 mm	+0,6°	X 0,0	137 mm, viele W, NW
				XI -0,7	fast 3° zu kalt, TR, N, Kältewelle
				XII 1,9	zu warm, Wärmeeinbruch 12.-19.XII, HZ
				I 1,3	zu warm, H, Föhn, Monatsende NW, N
				II 1,8	280 mm, sehr kalt, Sturmflut Hamburg 10.II. TS Südeuropa Wintereinbruch 17.-24.II. NW Lawinen Galtür
				III -0,4	zu warm: SW, HF, TR, TS, H, TS
IV -0,6	Föhn, ab 11.IV. 3 Tage TR, Brenner und Tauernbahn unterbrochen				
2000	0,88	945 mm	+1,2°	X -0,2°	7.-22. Kein N, F, H, 21.-25. Föhn
				XI 0,8	6.XI. TK, Wintereinbr. 11.XI. TS, ganz Österreich Schnee, TR, TS, NW
				XII 1,5	19 Tage Schneefall, NW, W 4.XII. Sturmflut Nordsee 25.-27. Orkan Lothar 28.XII: Orkantief über Europa, Lawinen
				I 0,7	T normal, 17.-20. NW: Sturm, Donautal, 21.-24. N, Polare Kaltluft, Sturm 25.-28. H, strahlendes Wetter 29.-31. W, Stürme; Tauwetter
				II 2,4	N 179 mm, T normal, 15 Schneetage 5.-8. W- Warmfront, W-Kaltfront bis 17.II. NW, Lawinen, Monatsende H.F, Nassschneelawinen
				III 0,1	291 mm, 4.III. Starke Schneefälle 9.-14.III : Warmfront, W, NW 17.-20.III: N, Lawinenstufe 5 24.-27.III: SW, F, Schneeschmelze 28.-31.TK: Lawine Kitzsteinhorn
IV -3,36	(Phil Joneswerte) 11 Tage meridionale WL, dazu 10 H, 3G; April außergewöhnlich warm und sonnig, wärmstes Frühjahr seit 1792				

Wetterlagen: W und NW = West und Nordwestlagen; TR = Tiefdruckrinne, Trog; N = Nordströmung; HZ = Hochdruckzone; TS = Tief im Süden; SW = Südwestströmung; HF = Hoch über Fennoskandia; F = Föhn; TK = Tief kontinental; G = Gradient schwach; WL = Wetterlagen

Tab. 2: "Die NAO schaukelt unsere Winter" 1999 und 2000

**Oktober 2000: +2,26 NAO-Index**

Der positive NAO-Index ist durch 6 TK und 4 TB belegt, welche aber die Ursache der langen Föhnperioden waren. Weiters acht Hochdrucklagen. Nur 38 mm Niederschlag und 3°C zu warm.

**November 2000: NAO -0,24**

Deutlich ist der negative NAO-Index durch 18 meridionale Wetterlagen erkennbar. "Der Winter kommt nicht!"

- 2. und 3.XI.: Mächtiges TB, löst tagelangen Föhn aus.
- 17. und 19.XI.: TS, Tief über Golf von Genua, hohe Niederschläge.
- 20. und 22.XI.: TB, TK, TB: Schneemassen in den Ötztalern.
- 23. und 24.XI.: SW; Intensive Niederschläge in Osttirol, Kärnten.
- 30.XI.: SW, Bozen Notstand wegen Hochwasser, Muren.

**Dezember 2000: NAO -1,41:**

Der negative NAO-Index verstärkt sich.

- 1.-13.XII.: Der Ostalpenraum liegt wochenlang im Bereich einer SW-Strömung Föhnperiode, der stärkste Föhnstag am 8.XII. Sturm über Portugal und Nordspanien.
  - 14.-19.XII.: NW-Strömung, Schneefall bis unter 300 m. Beginn der Winterschneedecke.
  - 20.-26.XII.: HF, HE, H, HE (24. XII.), typisch für negativen Index.
  - 28.-30.XII.: TK, TS: Schneefall nur im S und SE ergiebig.
- Ergebnis: 3,5°C über dem Normalwert, bedingt durch 14 Tage SW-Lage.

**Jänner 2001: +0,02 NAO-Index**

Deutlich zeigt sich diese ausgeglichene Drucklage im Bild der Wetterlagen: Durch fünf Tage "Gradient schwach" vom 18.-22.I. Wegen des geringen Druckunterschiedes nur 5 Tage W und NW, Winterschneedecke in Mitterberg nimmt von 70 auf 50 cm ab.

- 12.-17.I.: Hochdrucklage, begleitet von einer Kältewelle. In Sibirien extremes Kältehoch.
- Meridionale Wetterlagen an elf Tagen, besonders 4.-7.I.: SW, Föhn.  
Im Jänner nur die Hälfte des Niederschlags, 2°C zu warm.

**Februar 2001: +0,07 NAO-Index**

Ein typischer Mischwert: Starker atlantischer Einfluss mit 21 Schneefalltagen. Acht Tage NW: erreicht am 3.II. und 23.II. Lawinenstufe 4. Andererseits fünf Tage SW, Föhnlagen. Dazu

- 11-16.II.: Hochdrucklagen. Februar war 1°C zu warm.

**März 2001: -0,68 NAO-Index**

Schon auf den ersten Blick ist der Negativindex im Wetterlagenbild erkenntlich: TR, SW-Lagen, HF und HE am Monatsende, hingegen wenig W und NW.

- 1.-12.III.: SW, Föhnperiode. Überschwemmung an der Theiß, in Ukraine.
- Der März war um 3°C zu warm, 46% der Niederschläge in Mitterberg als Regen.



21.III.: N, Kalte Polarluft, Schneefälle in Wien, Burgenland.  
27.-31.III.: HF, HF, HE, HE, typisch für NAO-Negativ.

#### **April 2001: NAO-Index +1,24**

Der positive NAO-Wert drückt dem letzten Wintermonat den Stempel auf!  
20 Schneefalltage W, NW, N, TK mit 194 mm Niederschlag.  
Das Monatsmittel liegt 0,6°C unter dem Durchschnitt. Kaltluft-Einbrüche.  
21.IV.: Kontinentales Tief, reicht von der Nordsee über die Alpen.  
Schneemassen in den Karnischen Alpen. Schneemassen in den Abbruzzen, starke Bora an der Adriaküste.  
25.IV.: H, Grundlawinen. Salzburg bereits 24°C.

#### **Ergebnis:**

Die NAO stellt sich als Steuerungselement im nordalpinen Winter heraus, erweist sich als "Oberbegriff" der Wetterlagen.

## **6. Literaturverzeichnis**

- AWI – ALFRED WEGENER INSTITUT (1996/97), Zweijahresbericht 1996/97, Beispiele aus unserer Forschung 96/97.
- BISSOLLI P. (1998), Niederschlagsschwankungen sind größer geworden. In: Naturw. Rundschau, 2, S. 71-72.
- CLIVAR (1998), World Climate Research Programme, The North Atlantic Oscillation, Juni.
- DICKINSON R. et al. (1996), Long-term coordinated Changes in the convective activity of the North Atlantic. In: Pergamon Progr. Oceanogr., 38, S. 241-295.
- FLIRI F. (1992), Der Schnee in Nord- und Osttirol 1895-1991. 2 Bde. Innsbruck, Univ.-verlag.
- FLOHN H. et al. (1998), Behaviour of the Centres of Actions above the Atlantic, Part II. In: Int. Journal of Climatologie, 18, S. 23-29.
- FRAHM J.P., KLAUS D. (1997), Moose als Indikatoren. In: Erdkunde, 51, S. 187-189.
- GOLDBERGER J. (1986), Gletscherhaushalt und klimatische Umwelt des Hochköniggletschers 1965-75 (= Wiss. Alpenvereinsheft, 28). 79 S.
- GOLDBERGER J. (1992), Die Winter in diesem Jahrhundert: Auswertung der Meßergebnisse von Mitterberg am Hochkönig. In: Mitt. d. Hydrogr. Dienstes in Österreich, 67, S. 1-61.
- GOODMAN J. (1997), Statistics of NAO decadal Variability (<http://www.mit.edu/people/goodman/NAOI/index.html>).
- HURRELL J.W. (1995), Decadal Trends in NAO. In: science, 269, S. 676-679.
- HURRELL J.W. (Hrsg.) (1996), Influence of variations in extratropical wintertime, teleconnections on Northern Hemisphere Temperat. In: Geophysical Research Letters, 23, S. 665-668. Boulder Colorado.
- HURRELL J.W., LOON H. van (1997), Die dekadischen Veränderungen im Klima im Zusammenhang mit NAO. In: Climate Change, 36, S. 69-82.
- JACOBI Chr., KÜRSCHNER D. (1999), Dependence of the upper middle atmosphere on tropospheric Circulation: Correlation of European winter rainfall and midlatitude mesopause region zonal winds. In: Met-Z., N.F. 8, S. 132-138.

- KAPALA A., MÄCHEL H., FLOHN H. (1998), Behaviour of the Centres of Actions above the Atlantic since 1881, Part.II. In: *Int. Journal of Climatologie*, 18, S. 23-36.
- KLAUS D., LAUER W. (1999), Gegenwärtiger Kenntnisstand zur allgemeinen Atmosphärischen Zirkulation. In: *Geogr. Rundschau*, 1, S. 32-37.
- KUHN M. (1990), Klimaänderungen: Treibhauseffekt und Ozon. Thaur/Tirol, Kulturverlag.
- LATIF M. et al. (1996), A mechanism for decadal climate variability (= NATO ASI Series I: Global Environmental Change, 44), S. 263-292. Springer Verlag.
- LAUSCHER F. (1993), Von der regionalen Verschiedenheit der Schneewinter in den Ostalpen. Wien, Eigenverlag. 3 S.
- MALBERG H., BOKENS G. (1997), Die Winter- und Sommertemperaturen in Berlin seit 1929-1996 und ihr Zusammenhang mit der Nordatlantikoszillation. In: *Met. Z.*, Okt., S. 230-234.
- MOHNL H. (1996), Die Schwankungen wintersportrelevanter Schneehöhen im Laufe der vergangenen 50 Jahre in den österreichischen Ostalpen. In: *Wetter und Leben*, 48, S. 103-113.
- SCHERHAG R. (1963), Die wechselseitigen Einflüsse zwischen den Kontinenten, den Ozeanen und der Atmosphäre, In: *Ber. d. Dt. Wetterdienst*, 34, S. 58-72.
- SCHÖNWIESE Chr. et al. (1993), *Klima-Trendatlas Europa*. Frankfurt, Zentrum f. Umweltforschung.
- SCHUEPP W., WANNER H. et al. (1998), 50 Years of Alpine Weather Statistics (AWS). In: *Met. Z.*, N.F., 7, S. 99-111.
- SCHURIG J. (1998), Zirkulationssysteme der Ozeane: In: *Naturwiss. Rundschau*, 2, S. 72.
- SEIBOLD E., THIEDE J. (1997), *Die Geschichte der Ozeane nach Tiefseebohrungen*. Mainz, Akad. d. Wiss. 62 S.
- SPREITZHOFFER G. (1999), Synoptic classification of severe snowstorms over Austria. In: *Met. Z.*, N.F. 8, S. 3-15.
- STEINHAUSER F. (1969), Die säkularen Veränderungen der Schneedeckenverhältnisse in Österreich. In: *Jahresbericht Sonnblickverein*, 67, S. 3-19.
- STEPHENSON D.B. et al. (2000), The Northatlantic Oscillation a Random walk? In: *Int. Journal of Climatology*, 20, S. 1-18.
- WALTER A., SCHÖNWIESE C.D. (1998), Ursachen der Lufttemperaturvariationen in Deutschland 1865-1997 (<http://www.dwd.de/research/kliis.Ksb/ksb98/ksb23.htm>)
- ZENTRALANSTALT FÜR METEOROLOGIE UND GEODYNAMIK WIEN (1965-2001), Monatsübersichten.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 2001

Band/Volume: [143](#)

Autor(en)/Author(s): Goldberger Josef

Artikel/Article: [Der Einfluss der Nordatlantik-Oszillation auf die nordalpinen Winter 1901-2000 am Fallbeispiel von Mitterberg \(1.503m\) am Hochkönig 215-232](#)