

TEMPERATUR- UND NIEDERSCHLAGSANOMALIEN AN DER ZUGSPITZE IN ABHÄNGIGKEIT VON NORDATLANTISCH-EUROPÄISCHEN TELEKONNEKTIONSMUSTERN

JUCUNDUS JACOBEIT¹, MARKUS HOMANN¹

¹UNIVERSITÄT AUGSBURG, INSTITUT FÜR GEOGRAPHIE, ALTER POSTWEG 118, 86159 AUGSBURG

E-MAIL: JUCUNDUS.JACOBEIT@GEO.UNI-AUGSBURG.DE

Zusammenfassung: Prominente Telekonnektionsmuster wie die NAO (Nordatlantische Oszillation), das EA (East Atlantic), EAWR (East Atlantic West Russia) and SCAND (Scandinavian) Pattern werden hinsichtlich monatlicher Temperatur- und Niederschlagssignale an der Zugspitze bei markant positiven und negativen Phasen dieser Muster untersucht. EA und EAWR zeigen am häufigsten signifikanten Einfluss auf saisonale Klimaanomalien an der Zugspitze.

Abstract: Prominent teleconnection patterns like NAO (North Atlantic Oscillation), EA (East Atlantic Pattern), EAWR (East Atlantic West Russia Pattern) and SCAND (Scandinavian Pattern) are analyzed with respect to monthly temperature and precipitation signals at Mount Zugspitze for pronounced positive and negative phases of these patterns. EA and EAWR turned out to show most often significant influence on seasonal climate anomalies at Mount Zugspitze.

Hintergrund

Klimavariabilität ist eng verbunden mit Schwankungen der atmosphärischen Zirkulation unter Einschluss von großräumiger Dynamik, die sich insbesondere in sogenannten Telekonnektionsmustern äußert (systematische Verbindungen zwischen weit voneinander entfernten Gebieten). Im vorliegenden Beitrag werden die für den nordatlantisch-

europäischen Raum wichtigsten Telekonnektionen betrachtet hinsichtlich von damit zusammenhängenden Temperatur- und Niederschlagsabweichungen an der Zugspitze. Die prominentesten Telekonnektionen sind in Abbildung 1 wiedergegeben, wobei die Kernbereiche der korrelativen Ladungsmuster als Variationszentren des mitteltroposphärischen Geo-potentials (500 hPa Niveau) aufgefasst werden können. Am bekanntesten dürfte die Nordatlantische Oszillation (NAO) sein, die derartige Zentren bei Island und im Azorenraum aufweist. Bei positiver NAO-Phase (Islandtief und Azorenhoch kräftig ausgebildet) resultiert eine starke Westströmung, die bekanntermaßen die Witterung in weiten Teilen Europas beeinflusst; bei negativer NAO-Phase mit schwächer ausgebildeten Zentren stellen sich eher nicht-zonale Zirkulationsmuster mit andersartigen Witterungsanomalien ein. Das ostatlantische Telekonnektionsmuster (EA) kann im Wesentlichen als eine deutlich südwärts verlagerte NAO-Struktur aufgefasst werden. Beim ostatlantisch-westrussischen Muster (EAWR) finden sich die Zentren dagegen in einer längendifferenzierten Position (im Raum um die Nordsee sowie in der Region des Kaspischen Meeres), wodurch v. a. die meridionale Strömungskomponente moduliert wird. Schließlich zeigt das skandinavische Telekonnektionsmuster (SCAND) neben dem namensgebenden Zentrum noch ein weiteres im iberischen Raum mit abermals differenzierten Witterungsaus-

wirkungen in Teilen Europas. Auf welche Weise Folgeerscheinungen an der Zugspitze identifiziert werden können, wird im nächsten Abschnitt erläutert.

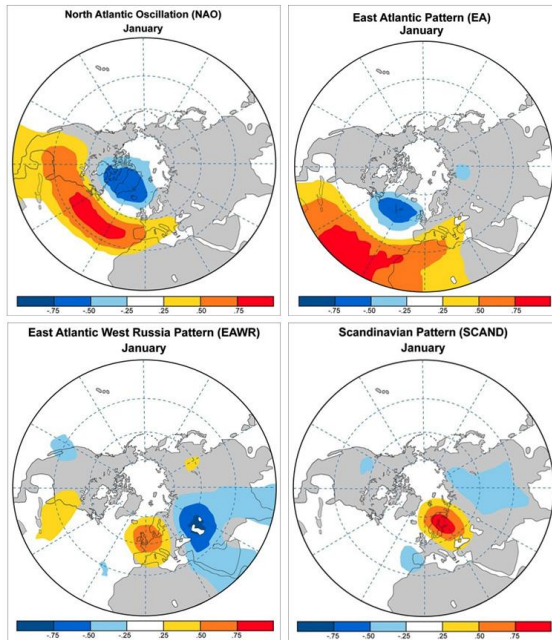


Abb. 1: Ladungsmuster für die Telekonnektionen NAO, EA, EAWR und SCAND (Beispielsmonat Januar) in Gestalt der zeitlichen Korrelationskoeffizienten zwischen den monatlichen normalisierten Geopotentialanomalien (500 hPa Niveau) an jedem Gitterpunkt und den Zeitkoeffizienten der entsprechenden Telekonnektionen (modifiziert nach Climate Prediction Center CPC).

Methodik

Da vollständige Korrelationen zwischen den monatlichen Temperatur- und Niederschlagszeitreihen der Zugspitze und den monatlichen CPC-Zeitkoeffizienten der Telekonnektionsmuster meist keine überzeugenden Varianzerklärungsanteile ergeben (auch nicht bei Berücksichtigung von Zeitverschiebungen), ist wie folgt verfahren worden: es werden nur diejenigen Monate zugrunde gelegt, in denen der Zeitkoeffizient des betrachteten Telekonnektionsmusters mindestens eine Standardabweichung über oder unter dem langjährigen Mittelwert 1950-2015 liegt. Damit werden diejenigen Monate ausgeblendet, in denen das Telekonnektionsmuster keine markante Phasen-Ausprägung aufweist und

sich relativ nahe am neutralen Mittelwert bewegt. Für die markanten (positiven wie negativen) Phasenausprägungen werden die assoziierten Temperatur- und Niederschlags-signale an der Zugspitze in zweierlei Weise quantifiziert: zum einen in Gestalt der prozentualen Häufigkeiten positiver und negativer Abweichungen für beide Anomaliephasen der Telekonnektionsmuster, zum anderen in Gestalt der standardisierten Temperatur- bzw. Niederschlags-Mittelwerte, getrennt für positive und negative Abweichungen sowie beide entgegengesetzten Telekonnektionsphasen. Damit lassen sich potenzielle Auswirkungen markanter großräumiger Zirkulationsphasen auf saisonale Witterungsbedingungen an der Zugspitze erkennen.

Ergebnisse

Unter den vier Telekonnektionsmustern von Abbildung 1 zeigt SCAND an der Zugspitze die geringste Anzahl signifikanter Signale bei gleichzeitig hohem Niveau interner Variabilität; es wird daher hier nicht näher behandelt. Bemerkenswerterweise tritt selbst die NAO nicht als Muster mit den stärksten oder häufigsten Auswirkungen an der Zugspitze hervor, nur im Herbst und Winter ergeben sich signifikante Beziehungen: wie erwartet mit positivem Vorzeichen für Temperatur und Winterniederschlag – bedingt durch den atlantischen Einfluss bei positiver NAO-Phase – aber negativem Vorzeichen für den Herbstniederschlag – bedingt durch antizyklonale Westlagen bei NAO+ mit gesteigerten Häufigkeiten negativer Niederschlags-anomalien.

EA und EAWR haben sich dagegen als diejenigen Muster mit den häufigsten signifikanten Signalen an der Zugspitze herausgestellt. EA, vergleichbar mit einem markant südwärts verschobenem NAO-Muster, generiert ganzjährig einen signifikant positiven Zusammenhang mit der Zugspitz-Temperatur – d. h. bei positiver/negativer Phase mit ostantlantischem

Tief- bzw. Hochdruckeinfluss setzt sich an der Vorderseite Warm- bzw. Kaltluftadvektion aus Südwesten/Nordwesten durch. Der Zugspitz-Niederschlag wird durch EA allerdings nur im Sommer und Herbst signifikant angetrieben – hauptsächlich bedingt durch EA+, das in diesen Jahreszeiten bei großräumig südwestlicher Höhenströmung vorwiegend negative Niederschlagsabweichungen an der Zugspitze begünstigt.

Für EAWR geben die Abbildung 2a und 2b die expliziten Werte der beiden verwendeten Indikatoren wieder. Dieses Telekonnektionsmuster wirkt auf die Bedingungen an der Zugspitze über sein westliches Variationszentrum rund um die Nordsee, daher ergeben sich positive Zusammenhänge mit der Temperatur (nur im kleinräumiger geprägten Sommer nicht mehr signifikant): der Kontrast zwischen den entgegengesetzten Phasen ist nach Abbildung 2a am prononciertesten im Winter mit 82 % positiven (68 % negativen) Temperaturabweichungen für EAWR+ (EAWR-). Auch der höchste Mittelwert (Abbildung 2b) tritt in dieser Jahreszeit auf (der niedrigste dagegen im Herbst). Beim Zugspitz-Niederschlag ergeben sich sogar in allen vier Jahreszeiten signifikante Phasenunterschiede (Abbildung 2a). Dies ist in genereller Übereinstimmung mit einer Studie von Qian et al. (2000), die ein teils ähnliches Zirkulationsmuster (sogenannten 'Nordsee-Muster') als wichtigstes für den Niederschlag in Europa identifiziert haben. Nach Abbildung 2a ist meist der Einfluss von EAWR+ auf reduzierte Niederschläge vorherrschend, allerdings ändert sich dies im Winter zu einer Präferenz für gesteigerten Niederschlag bei EAWR-. In der kalten Jahreszeit scheint also die Effizienz der zyklonalen Phase um die Nordsee herum ausgeprägter zu sein als diejenige ihres antizyklonalen Gegenparts.

Häufigkeiten	Temperatur +	Temperatur -	Niederschlag +	Niederschlag -
Winter EAWR +	82	18 %	50 %	50 %
Winter EAWR -	32 %	68 %	79 %	21 %
Frühjahr EAWR +	73 %	27 %	21 %	79 %
Frühjahr EAWR -	30 %	70 %	46 %	54 %
Sommer EAWR +	55 %	45 %	39 %	61 %
Sommer EAWR -	45 %	55 %	55 %	45 %
Herbst EAWR +	69 %	31 %	31 %	69 %
Herbst EAWR -	26 %	74 %	58 %	42 %

Abb. 2a: Prozentuale Häufigkeiten positiver und negativer Temperatur- und Niederschlagsanomalien an der Zugspitze bei betont positiver bzw. negativer Phase der East-Atlantic/West-Russia (EAWR) Telekonnektion (mehr als eine Standardabweichung über bzw. unter dem Mittelwert 1950-2015). Die grau unterlegten Boxen indizieren diejenigen Fälle, bei denen signifikante (0,05 Niveau) Häufigkeitsunterschiede zur jeweils entgegengesetzten EAWR-Phase bestehen.

Mittelwerte	Temperatur +	Temperatur -	Niederschlag +	Niederschlag -
Winter EAWR +	1,17	-0,72	0,51	-0,81
Winter EAWR -	0,53	-0,92	0,44	-0,71
Frühjahr EAWR +	0,91	-0,95	1,13	-0,85
Frühjahr EAWR -	0,66	-0,71	1,16	-0,52
Sommer EAWR +	0,91	-0,85	0,75	-0,76
Sommer EAWR -	0,76	-1,06	1,10	-0,70
Herbst EAWR +	0,98	-0,97	0,55	-0,91
Herbst EAWR -	0,46	-1,10	0,95	-0,54

Abb. 2b: Standardisierte Temperatur- bzw. Niederschlags-Mittelwerte an der Zugspitze bei den entgegengesetzten EAWR-Phasen.

Folgerungen

Unter den betrachteten Telekonnektionsmustern ist nicht die bekannte ENSO-Schwankung (El-Nino-Southern Oscillation) berücksichtigt worden, da sie nach Efthymiadis et al. (2007) nur einen schwachen und instationären Einfluss auf das Klima der größeren Alpenregion ausübt. Selbst die nordatlantische Oszillation (NAO) erweist sich nicht als das Muster mit den häufigsten und stärksten Signalen an der hochalpinen Station Zugspitze. Aber die dargelegten Einflüsse v.a.

durch die Telekonnektionsmuster EA und EAWR belegen, dass großräumige atmosphärische Dynamik nicht nur im hemisphärisch-kontinentalen Maßstab bedeutsam ist (z. B. Jacobeit et al., 2003), sondern sich auch bis auf die lokale Skala herunter auswirken und dort zu systematischen Anomalieverteilungen bei einschlägigen Klimavariablen führen kann.

Literatur

Climate Prediction Center (CPC): <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/telecontents.shtml>

Efthymiadis, D., Jones, P. D., Briffa, K. R., Böhm, R. und Maugeri, M.: Influence of large-scale atmospheric circulation on climate variability in the Greater Alpine Region of Europe. *Journal of Geophysical Research*, 112, D12104, doi: 10.1029/2006JD008021, 2007.

Jacobeit, J., Wanner, H., Luterbacher, J., Beck, C., Philipp, A. und Sturm, K.: Atmospheric circulation variability in the North-Atlantic-European area since the mid-seventeenth century. *Climate Dynamics*, 20, 341–352, 2003.

Qian, B., Corte-Real, J. und Xu, H.: Is the North Atlantic Oscillation the most important atmospheric pattern for precipitation in Europe? *Journal of Geophysical Research*, 105 (D9), 11901-11910, 2000.