

**BERICHTE DES INSTITUTS FÜR METEOROLOGIE
UND GEOPHYSIK
DER UNIVERSITÄT FRANKFURT/MAIN**

Michael Denhard und Christian-Dietrich Schönwiese

**Statistisch dynamische Klimavorhersage
für
Deutschland und Europa**

Abschlußbericht zum Vorhaben 01 LA 9865/6 des BMBF

2001

Im Eigenverlag des Instituts
Postfach 11 19 32
60054 Frankfurt

Zusammenfassung

Mit Hilfe der Principal Correlation Pattern Analysis (PCPA) können die von verschiedenen Klimaantrieben erzeugten lokalen Zirkulations-, Temperatur und Niederschlagsanomalien auf der Nordhemisphäre in monatlicher Auflösung dargestellt und ursächlich interpretiert werden. Diese Rechnungen wurden für das El Niño Phänomen, die NAO und den quasi 11-jährigen Zyklus der solaren Strahlungsschwankungen durchgeführt. Insbesondere die Untersuchungen zur Wirkungen von El Niño auf Europa zeigen, dass die PCPA die Kopplungen eines Prozesses mit dem Klimasystem sehr genau beschreibt und somit die Voraussetzungen schafft, die Wirkungen dieses Klimaantriebs zu modellieren und ihn zur Vorhersage zu nutzen. Erste einfache Vorhersageexperimente für das europäische Klima bestätigen diese Aussage. Obwohl der Anteil der hier diskutierten Signale an der europäischen Klimavariabilität teilweise nur bei einigen Prozent liegt, kann die Bedeutung eines Prozesses in bestimmten Situationen weitaus größer sein, als es dieser Wert suggeriert. Die berechneten Signalstärken sind mittlere Werte, von denen in einzelnen Jahren extreme Abweichungen auftreten können, wie es das Vorhersagebeispiel zum El Niño Phänomen zeigt. Der Erfolg der bisher durchgeführten Analysen begründet die Hoffnung, daß die Überlagerung vieler kleiner Beiträge letztendlich zu einem konsistenten Gesamtbild führt. Um ein vollständiges Vorhersageprodukt zu entwickeln, müssen aber weitere Arbeiten folgen, da hier nur ein kleiner Teil der für das europäische Klima relevanten Prozesse mit Vorhersagepotential erfaßt werden konnten.

In Bezug auf die Signalanalyse der Klimaantriebe konnten einige Fortschritte erzielt werden, die vor allem die Wirkung von El Niño auf Europa betreffen. Dabei spielt die Wechselwirkung zwischen dem Pazifik Nordamerika Muster (PNA), das ein ENSO Ereignis begleitet, und der Nordatlantikoszillation (NAO) eine große Rolle, deren Mechanismen aufgeklärt werden konnten. Darüber hinaus konnten die bekannten nordhemisphärischen Klimawirkungen der NAO auch mit der PCPA dargestellt werden. Dabei hat sich gezeigt, dass das PCP Signalmuster einer einfachen NAO Indexzeitreihe (Luftdruckdifferenz Gibraltar-Insel) äquivalent zum Anomalienmuster der Arctic Oszillation (AO) ist. Im Gegensatz zur NAO, die auf den Atlantik konzentriert ist, umspannt die AO einigermaßen symmetrisch die Nordhemisphäre. Die AO ist mit der Stratosphäre gekoppelt, so daß deren Einfluß bei der europäischen Klimavorhersage Berücksichtigung finden muß. Weiterhin konnten die zum quasi 11-jährigen solaren Zyklus kohärenten Klimasignale gefiltert werden. Diese über 10 Perioden mit den Sonnenfleckenvariationen kohärenten Signale stimmen räumlich mit den von Labitzke und van Loon gefundenen Mustern überein, deren Ergebnisse auf der Auswertung von 3 Zyklen beruhen.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Methodik der Signalanalyse	5
2.1	Principal Correlation Pattern Analysis (PCPA)	5
2.1.1	Prinzip der PCPA	5
2.1.2	Konstruktion der gefilterten Signale	6
2.1.3	Güte und Verifikation	9
2.1.4	Probleme	9
2.2	Spezielle Hinweise	11
2.3	Anwendungsbeispiel	11
3	Klimadaten	15
3.1	Messungen bodennaher Klimavariablen	15
3.2	Indexzeitreihen der untersuchten Prozesse	15
3.2.1	ENSO Phänomen	15
3.2.2	Nordatlantikoszillation	16
3.2.3	Solare Strahlungsschwankungen	18
4	Nordhemisphärische Signalmuster	20
4.1	El Niño	20
4.1.1	Mittlerer zeitlicher Verlauf eines ENSO-Zyklus	22
4.1.2	Diskussion	22
4.1.2.1	Onset Phase	22
4.1.2.2	Peak Phase	24
4.1.2.3	Decay Phase	28
4.1.3	Einfluß von El Niño auf die NAO	31
4.1.4	Wertung	33
4.1.5	Signalmuster	34
4.2	Nordatlantikoszillation	42
4.2.1	Diskussion	42
4.2.2	Wertung	44
4.2.3	Signalmuster	45
4.3	Sonne	49
4.3.1	Diskussion	50
4.3.2	Wertung	51
4.3.3	Signalmuster	51

5	Europäische Klimavorhersage	61
5.1	El Niño	62
5.2	NAO	64
5.3	Solare Strahlungsschwankungen	64
5.4	Wertung	66

Kapitel 1

Einleitung

Obwohl die Genauigkeit von Wettervorhersagen in den letzten Jahren kontinuierlich gestiegen ist, zeigen sich doch immer wieder Grenzen, die saisonale Vorhersagen als unmöglich erscheinen lassen. Hat man den Anspruch den genauen Wetterablauf über mehrere Monate hinweg vorherzusagen, so ist dies sicher unmöglich. Allerdings gibt es im Klimasystem Prozesse, die ein besonders langes Vorhersagepotential besitzen. So können beispielsweise die mit dem El-Niño-Phänomen in Zusammenhang stehenden Schwankungen der Meeresoberflächentemperaturen im tropischen Pazifik unter günstigen Umständen bis zu einem Jahr im voraus bestimmt werden. Aufgrund der besonderen Bedeutung des Klimaphänomens El Niño für die Tropen kann dort rechtzeitig vor den zu erwartenden Auswirkungen, wie Trockenheit oder vermehrten Niederschlägen, gewarnt werden. Dies sind Aussagen über die Abweichung des Klimas eines Monats oder einer Jahreszeit vom vieljährigen Mittel, d.h. es wird nur die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten bestimmter Wetterlagen angegeben. Ob und wann eine solche Wetterlage dann tatsächlich eintritt, bleibt allerdings unbestimmt.

Im Vergleich zu den Tropen ist die Klimavorhersage im Bereich von Europa sehr viel schwieriger. Hier ist das Klima sehr variabel, was die Bedeutung einzelner Prozesse für die Gesamtentwicklung reduziert. Selbst wenn sich El Niño auch auf Europa auswirkt, so ist es doch nur ein Phänomen von vielen komplex strukturierten Prozessen. Trotzdem ist die Kenntnis aller potentiellen Einflußfaktoren, auch der kleinen Antriebe, notwendig, da in nichtlinearen Systemen kleine Ursachen zeitweise eine große Wirkung haben können.

Die Realisierung von Klimavorhersagen beginnt also bei der Klimadiagnose, d.h. der Beschreibung der relevanten Ursache-Wirkungs-Mechanismen auf der Grundlage von Beobachtungsdaten. Dabei ist auf eine möglichst hohe räumliche und zeitliche Auflösung der erzeugten Signalstrukturen zu achten, da Klimavorhersagen regionalen Belangen gerecht werden müssen. Das Problem dabei ist, dass mit der Erhöhung der räumlichen und zeitlichen Auflösung ein Anwachsen der beobachteten Variabilität verbunden ist. Fortschritte hin zu einer verwertbaren Klimavorhersage sind deshalb nur über den richtigen Umgang mit kleinen Signalen zu erreichen, die aus Zeitreihen mit hoher Variabilität herausgefiltert werden müssen. Die klassische Statistik bietet dazu keine ausreichenden Möglichkeiten und Anleitungen. Kleine Signal-Rausch-Verhältnisse führen immer zur Ablehnung statistischer Tests unabhängig davon, ob es sich um einen dynamisch relevanten Vorgang handelt oder nicht.

Die Principal Correlation Pattern Analysis (PCPA, Abschnitt 2.1) wurde zur Klimadiagnose unter diesen schwierigen Bedingungen entwickelt. Sie zeichnet sich durch die Bereitstellung umfassender Informationen zur Beurteilung der physikalischen Relevanz gefilterter