

Über Möglichkeiten und Grenzen der statistischen Langfristprognose

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor der Naturwissenschaften
(Dr. rer. nat.)

eingereicht am
Fachbereich Geowissenschaften
der Freien Universität Berlin

von

Thomas Deutschländer

im
Mai 2003

Gutachter

1. Prof. Dr. Horst Malberg, Freie Universität Berlin
2. Prof. Dr. Werner Wehry, Freie Universität Berlin

Tag der Disputation: 10.06.2003

Zusammenfassung

Mittels unterschiedlicher statistischer Analysemethoden wurde das Vorhersagepotential für langfristige Witterungsprognosen an der Station Berlin-Dahlem abgeschätzt. Als Prediktoren dienten dabei die großräumigen Feldverteilungen des Bodendrucks sowie des 500-hPa-Geopotentials, d.h. der Momentanzustand der atmosphärischen Zirkulation. Prediktand war i.a. die Klimamitteltemperatur der Folgemonate, die in einigen Fällen noch durch die Anzahl der Tage mit meßbarem Niederschlag ergänzt wurde. Zur Bestimmung der Vorhersageleistung wurden die Cross-Validation bzw. ein Examinationskollektiv eingesetzt. Die ermittelten RV-Werte deuten darauf hin, daß die als „principal-components regression (PCR)“ bezeichnete Methode den anderen getesteten Verfahren überlegen ist. Zu diesen gehören mehrere Varianten sogenannter Analogverfahren, die Clusteranalyse sowie die multiple lineare Regression. Der vermutliche Grund für die Überlegenheit der PCR ist die in der Methode enthaltene Glättung der Eingangsvariablen, die zu einer Verminderung des Rauschanteils führt. Zusätzlich konnte die Anzahl der zur Beschreibung des aktuellen Systemzustands notwendigen Variablen aufgrund der hohen Interkorrelationen der Originaldaten merklich reduziert werden, wodurch die Wahrscheinlichkeit einer rein zufällig guten Anpassung deutlich verringert wird. Trotz dieser methodischen Vorteile zeigte es sich, daß erfolgreiche Langfristvorhersagen für die betrachtete geographische Region äußerst schwierig zu realisieren sind. Im Falle der Temperatur konnte ein RV-Wert von ca. 0,1 als maximal mögliche Obergrenze der Vorhersageleistung bestimmt werden, im Falle des Niederschlags liegt der Wert noch darunter. Dabei ist erstaunlich, daß die Vorhersagequalität weder von der Vorlaufzeit noch von der Jahreszeit eindeutig abhängt. Da die ermittelten Resultate klassischen Hypothesentests zufolge erst bei einem weit über 1000 Fälle umfassenden Kollektiv unabhängiger Prognosen statistisch signifikant von Null verschieden wären (hier ca. 160), wurde ein anderer Weg beschritten, um dennoch Aussagen zur Signifikanz machen zu können. Mit Hilfe von insgesamt 1000 „bootstrap“-Realisierungen konnte nachgewiesen werden, daß die aufgedeckten Zusammenhänge zwischen der großräumigen Vorzirkulation und den Folgetemperaturen Berlins mit hoher statistischer Sicherheit als überzufällig betrachtet werden können. Im Falle der Niederschlagsprognosen konnte hingegen nicht ausgeschlossen werden, daß es sich bei den ermittelten positiven RV-Werten um reine Scheingüte handelt.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einführung	1
1.1 Quellen der atmosphärischen Vorhersagbarkeit	3
1.2 Methoden zur langfristigen Witterungsvorhersage	5
1.2.1 Statistische Verfahren	5
1.2.2 Dynamische Verfahren	11
1.3 Verifikation operationeller Langfristprognosen	14
1.4 Langfristige Temperaturprognosen für Berlin	15
1.5 Zu dieser Arbeit	16
2. Daten	17
2.1 Temperatur	17
2.2 Niederschlag	17
2.3 Feldverteilungen des Bodendrucks und des 500-hPa-Geopotentials	18
3. Anpassung der Niederschlagsdaten	23
4. Abschätzung der Prognosengüte	27
4.1 Cross-Validation	27
4.2 Lineare Trendbereinigung	29
5. Verifikation	31
5.1 Skalare Maße	31
5.2 „Diagnostische Verifikation“ – „Conditional Quantile Plots“	32
6. Spektralanalyse	37
6.1 Autokorrelations-Spektralanalyse	37
6.1.1 Vorgehensweise	42
6.1.2 Ergebnisse	45
6.2 Kreuzspektrumanalyse	50
6.2.1 Vorgehensweise	52
6.2.2 Ergebnisse	54

7.	Multiple lineare Regression	59
7.1	Mathematisch-statistische Grundlagen	59
7.2	Screening-Verfahren	61
7.3	Vorgehensweise	62
7.4	Vorselektion der potentiellen Prediktoren	64
7.5	Ergebnisse	66
8.	Analogverfahren	77
8.1	Vergleich einiger Auswahlkriterien	77
8.2	Analoge Fälle und Regression (<i>AFREG</i>)	81
8.2.1	Methodik und Vorgehensweise	81
8.2.2	Ergebnisse	82
8.3	Ensemble-Modell	85
8.3.1	Methodik und Vorgehensweise	85
8.3.2	Ergebnisse	86
8.4	„Mehrfach-Analog-Modell“	86
8.4.1	Methodik und Vorgehensweise	86
8.4.2	Ergebnisse	87
8.5	„Vielfach-Analog-Modell“	87
8.5.1	Methodik und Vorgehensweise	87
8.5.2	Ergebnisse	89
9.	EOF-Analyse und „principal-components regression“	91
9.1	Mathematisch-statistische Grundlagen	91
9.2	Beschneidung der Hauptkomponenten	94
9.3	Vorgehensweise	95
9.4	Ergebnisse	96
9.4.1	EOF-Analyse	96
9.4.2	PCR	97
10.	Clusteranalyse	107
10.1	Mathematisch-statistische Grundlagen	108
10.2	Anzahl der Cluster	110
10.3	Vorgehensweise	111
10.4	Ergebnisse	113

11. Schlußbetrachtung und Ausblick	115
Literatur	117
Anhang A: Feldverteilungen der empirischen Orthogonalfunktionen	127
Anhang B: Zusammensetzung der Cluster	173
Nachwort	185
Lebenslauf	187

