

Neue Komponenten für das Statistische Wettervorhersagesystem des DWD

Klaus Knüpfner

METEO SERVICE weather research GmbH
Teltower Damm 25, 14169 Berlin

Die preiswerteste Methode zur Erhöhung der Genauigkeit der Wettervorhersage ist gegenwärtig die Verbesserung bestehender oder Einführung neuer Verfahren zur statistischen Interpretation der Outputs numerischer Vorhersagemodelle.

0. Einleitung

Die Firma Meteo Service entwickelt und implementiert statistische Wettervorhersagesysteme für daran interessierte Wetterdienste. Hauptabnehmer unserer Forschungs- und Entwicklungsdienstleistungen sind gegenwärtig der Schwedische und der Deutsche Wetterdienst (SMHI und DWD). Kommerzieller Hintergrund der 1994 erfolgten Firmengründung ist die Überzeugung, daß die obenstehende Aussage auch in der überschaubaren Zukunft für die Mehrheit der Wetterdienste und der vorherzusagenden Elemente (Prediktanden) zutrifft. Methodische Grundlage der Arbeit von Meteo Service sind Weiterentwicklungen international bewährter Verfahren der statistischen Interpretation wie Model Output Statistics (MOS) oder Kalman-Filterung. In diesem Beitrag sollen Ergebnisse der Verifikation operationeller Kalman-gefilterter Vorhersagen und der Entwicklung eines statistischen Interpretationssystems zur Erzeugung von Flugplatzwettervorhersagen (TAF) vorgestellt werden. Beide Verfahren basieren auf dem Europa-Modell (EM) des DWD.

1. Kalman-Filterung von EM-Vorhersagen

Beim DWD wurde im Jahre 1993 ein Kalman-Filter für das EM implementiert. Es korrigiert die Fehler von direct model output (DMO) Vorhersagen selbstlernend. Als wesentliche Neuerung gegenüber anderen Anwendungen dieser Methode werden die Adaptionsgeschwindigkeiten der Filter-Koeffizienten individuell (d.h. je Station, Element und Vorhersagezeitspanne) empirisch optimiert.

Im folgenden werden Ergebnisse einer vergleichenden Verifikation operationeller DMO- (EM), Kalman-Filter- (KAL) und 7 Stunden später erstellter synoptischer (SYN) Vorhersagen vorgestellt. Ausgewertet wurden täglich erstellte Punktvorhersagen für 'morgen (06,12 und 18 UTC)', herausgegeben 'heute' für 17 Stationen (=Wetterämter).

Verifikationszeitraum: 01/94 bis 12/94, Verifikationsmaß: rmse

Methode	Ausgabe	T/K	Min/K	Max/K	N/Okta	ff/m/s	dd/°	
EM	07 UTC	2.37	1.99	2.62	2.92	1.83	35.0	T,Min,Max: Temperaturen
KAL	08 UTC	2.06	1.80	2.16	2.29	1.69	34.2	N: Gesamt-Bedeckungsgrad
SYN	15 UTC	2.10	1.79	2.00	2.31	1.87	41.5	ff: Windgeschwindigkeit dd: Windrichtung

Für alle aufgeführten Elemente gibt es eine mehr oder weniger deutliche Verbesserung von EM durch KAL. Mit Ausnahme von Max konnten die Synoptiker die Kalman-Filter-Vorhersagen praktisch nicht verbessern. Synoptische Wind-Vorhersagen waren im Mittel sogar erheblich ungenauer als die zum Prognosezeitpunkt vorliegenden Maschinenprodukte EM und KAL. Eine ausführlichere Diskussion dieser Ergebnisse findet man bei Balzer(1995), der die Daten freundlicherweise vorab zur Verfügung stellte.

2. Auto-TAF: Vorhersagbarkeitsstudie

Im Jahre 1995 implementiert Meteo Service ein auf Model-Output-Statistics (MOS) basierendes System beim DWD, das TAF-Guidance-Vorhersagen erzeugt. Kernstück des Verfahrens ist ein ausgefeilter multipler Vorwärts-Regressions-Algorithmus. Die Berücksichtigung der TAF-Spezifik bei der Definition der Prediktanden und Prediktoren wird in Richter (1995, diese Tagung) beschrieben.

Im folgenden wird das Ergebnis einer Vorhersagbarkeitsstudie vorgestellt. Sie basiert auf den Entwicklungsdaten von 01/92 bis 03/94 für 30 norddeutsche Flachlandstationen, die mindestens 50 km von der Küste entfernt sind. Für sie ist die Interpolation des DMO auf die Stationen relativ unproblematisch. Für drei Prediktanden (s. Abbildungen) wurden statistische Vorhersagen erzeugt, die auf dem 12-UTC-Lauf des EM und der letzten verfügbaren Beobachtung von 21 UTC basieren. Die Fehlervarianz dieser Vorhersage wurde jeweils ins Verhältnis gesetzt zur Fehlervarianz einer Referenz-Vorhersage (Ref). Ref ist eine optimale Kombination aus Persistenz (Erhaltungsneigung) und klimatologischer Erwartung des Prediktanden.

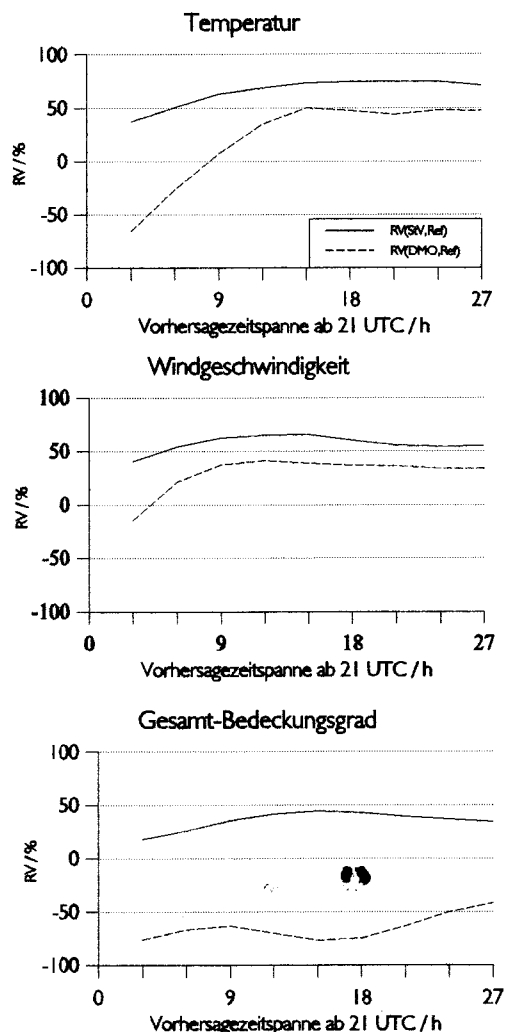
Die ausgezogenen Kurvenzüge stellen die Reduktion der Varianz (RV) der statistischen Vorhersage gegenüber Ref dar. Positive RV entspricht einer Verbesserung gegenüber Ref. Die Fläche zwischen den Kurvenzügen und der Nulllinie kennzeichnet den Gewinn an Vorhersagbarkeit, der durch die gesamte operationelle Vorhersagetechnologie, bestehend aus numerischer Modellierung und statistischer Interpretation, gegenüber der viel billigeren Referenz-Prognose erzielt wurde.

Die gestrichelten Kurvenzüge stellen die RV des DMO gegenüber Ref dar. Die Fläche zwischen beiden Kurvenzügen ist ein Maß für die Verbesserung des DMO durch MOS. Man erkennt, daß sich in dem für die Flugwettervorhersage so wichtigen Kurzzeit-Bereich, in dem die Persistenz-Information eine überragende Bedeutung besitzt, das Fehlen der letzten Beobachtung derartig negativ auswirkt, daß negative RV-Werte die Folge sind. Diese müssen so interpretiert werden, daß die Verwendung von Ref an Stelle des DMO im Mittel genauere Vorhersagen geliefert hätte. Weiterhin sind die allgemeinen Defizite des DMO hinsichtlich der Bewölkungs-Vorhersage erkennbar.

Eine ausführlichere, analog angelegte Vorhersagbarkeitsstudie für Vorhersagezeitspannen von 3 bis 192 Stunden und eine größere Anzahl von Prediktanden findet man bei Knüpfner (1995). Sie basiert auf einem MOS-System zur Interpretation des ECMWF-Modells für das SMHI.

Literatur:

Balzer, K. (1995): Verifikationsberichte zur Güte lokaler Wettervorhersagen. Offenbach/Potsdam Nr. 11, S. 17-21 und Nr. 12, S. 21-29 sowie persönliche Auskunft des Autors



Knüpfner, K. (1995): Statistical Weather Forecasting Systems for the German Weather Service and the Swedish Meteorological and Hydrological Institute. Preprints 2nd European Conference on Applications of Meteorology, Toulouse

Richter, B. (1995): Flugmeteorologische Anwendungen eines statistischen Interpretationssystems. Annalen der Meteorologie (DMT95), München