



Doctoral Thesis

## Nowcasting precipitation in an alpine region with a radar echo tracking algorithm

**Author(s):**

Mecklenburg, Susanne Martha

**Publication Date:**

2000

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-003884881> →

**Rights / License:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH No. 13608

**Nowcasting precipitation  
in an Alpine region  
with a radar echo tracking algorithm**

A dissertation submitted to the  
Swiss Federal Institute of Technology (ETH)  
Zürich

for the degree of  
Doctor of Natural Sciences

presented by  
Susanne Martha Mecklenburg  
Dipl. Hydrologist Technical University Dresden  
born 23 August 1971  
citizen of Germany

accepted on the recommendation of  
Prof. Dr. A. Waldvogel, examiner  
Dr. J. Joss, co-examiner  
Dr. W. Schmid, co-examiner

2000

# Abstract

**Nowcasting provides quantitative precipitation forecasts** in space and time, e.g. to allow hydrological models to forecast flash floods or daily river flows. Other applications encompass hail and thunderstorm warnings for agriculture, aviation or public events, information for power stations and the prediction of snow fall for public winter services. Nowcasting methods observe and describe the present weather patterns and extrapolate them in space and intensity up to a few hours. This approach presumes no change in the general behavior of the forecasted precipitation within the time period of the extrapolation (Browning and Collier, 1989). The primary data sources for nowcasting are weather radar, lightning data and satellite images.

The **tracking algorithm** presented in this study is **based on radar data**. It originates from the pattern recognition techniques **TREC** (Tracking Radar Echoes by Correlation, Rinehart and Garvey, 1978) and **COTREC** (COntinuity of TREC vectors, Li et al., 1995). With TREC, both, information about the change of position (through displacement vectors) and the change in intensity (through echo growth) of precipitation patterns can be derived. The extension COTREC applies the two-dimensional continuity equation to the TREC vector field.

To evaluate the quality of the extrapolation, a **parameter scheme** is introduced, able **to distinguish between errors in the position and the intensity** of the predicted precipitation. The parameters for the position are the absolute error (P1), the relative error (P2) and the error of the forecasted direction (P3). The parameters for the intensity are the ratio of the medians (P4) and the variations of the rain rate (ratio of two quantiles, P5) between the actual and the forecasted image. To judge the overall quality of the forecast, the correlation coefficient between the forecasted and the actual radar image (P6) has been used.

To improve the forecast, three aspects have been investigated:

- a) **Common meteorological attributes** of convective cells - derived from a hail statistics - have been determined **to optimize the parameters of the tracking algorithm**.

Using a), the forecast procedure modifications b) and c) have been applied:

- b) **Small-scale features have been removed** by using larger tracking areas and by applying a spatial and temporal smoothing. Problems with the tracking algorithm are mainly caused by small-scale/short-term variations of the echo pattern on a spatial and temporal scale of few kilometers and minutes or because of limitations caused by the radar technique itself (erroneous vectors caused by clutter or shielding).

- c) The **searching area and the number of searched boxes have been restricted**. This limits false detections, especially useful in stratiform precipitation and for stationary echoes. Non-linear developments of the echo have also been considered.

A larger scale and the removal of small-scale features improve the forecast for the convective and the frontal winter precipitation, as indicated by the quality parameters of the forecasted position. The stratiform event did not show any improvement related to a larger scale and removing small-scale features. But limiting the search area led to a slightly better forecast. The forecast of the intensity (P4) is successful for all investigated precipitation events. Forecasting the variation of the echo pattern (P5) calls for further investigation. Applying COTREC improved the forecast of the convective precipitation, especially for extrapolation times exceeding 30 minutes.

The **predictability of the forecast quality** has been investigated using the quality of the pattern recognition in the initial time step (the correlation coefficient between consecutive scans) to assess the forecast quality. The relations between

- 1) the correlation coefficient of the pattern recognition and the absolute error P1, and
- 2) the correlation coefficient and the overall parameter P6

provide a tool to anticipate the forecast quality (i.e. the **reliability of the forecast**).

# Zusammenfassung

**Mittels Nowcasting können quantitative Niederschlagsvorhersagen bereitgestellt werden.** Diese dienen als Ausgangsdaten für die hydrologische Abflussmodellierung und Hochwasservorhersage, erlauben Hagel- und Gewitterwarnungen für die Landwirtschaft, den Flugverkehr und die Bevölkerung, stellen Informationen für Kraftwerke zur Verfügung und liefern Schneefallvorhersagen für Winterdienste. Nowcasting Methoden beschreiben die Eigenschaften von Niederschlagsgebieten and extrapolieren diese räumlich und zeitlich. Die Extrapolation basiert auf der Annahme, dass sich das Verhalten der Niederschlagsgebiete während der Vorhersage nicht verändert. Für Nowcasting werden Radar- und Blitzdaten sowie Satellitenbilder verwendet.

Der in dieser Arbeit vorgestellte **Tracking-Algorithmus** beruht auf den Mustererkennungsverfahren **TREC** (Tracking Radar Echoes by Correlation, Rinehart and Garvey, 1978) und **COTREC** (COntinuity of TREC vectors, Li et al., 1995) und **verwendet Radardaten**. TREC kann sowohl die Position (durch die Verschiebungsvektoren) als auch die Intensität (durch das Echowachstum) von Niederschlagsgebieten extrapolieren. Die Erweiterung COTREC wendet die zwei-dimensionale Kontinuitätsgleichung auf das TREC-Vektor Feld an.

Zur Bewertung der Vorhersagequalität wird ein **Parameter Schema** vorgestellt, **welches zwischen Fehlern in der Positions- und Intensitätsvorhersage unterscheiden kann**. Die Parameter zur Erfassung der Position sind der absolute Fehler (P1), der relative Fehler (P2) und der Richtungsfehler (P3). Die Intensität wird durch das Verhältnis der Mediane (P4) und durch die Variation der Regenrate (Verhältnis der Quantile, P5) zwischen dem vorhergesagten und dem tatsächlichen Radarbild beschrieben. Zudem wurde der Korrelationskoeffizient zwischen dem vorhergesagten und dem tatsächlichen Radarbild zur allgemeinen Beschreibung der Vorhersagequalität verwendet.

Zur Verbesserung der Vorhersage wurden drei Aspekte untersucht.

- a) **Meteorologische Eigenschaften konvektiver Zellen** - abgeleitet aus einer Hagelstatistik - wurden **zur Definition der Parameter im Tracking-Algorithmus** herangezogen.

Unter Verwendung von a) wurde die Vorhersagemethode modifiziert:

- b) **Kleinräumige Merkmale von Radarechos** konnten durch die Anwendung von grösseren Suchgebieten für das Mustererkennungsverfahren und durch räumliches und zeitliches

Glätten **eliminiert** werden. Hauptsächlichste Probleme bei der Anwendung des Tracking-Algorithmus ergeben sich aus kleinräumigen und kurzlebigen Variationen des Radarechos (in einem räumlichen und zeitlichen Ausmass von wenigen Kilometern bis Minuten) oder aus Einschränkungen, die auf die Radartechnik zurückzuführen sind (fehlerhafte Vektoren, verursacht durch Bodenechos oder Abschattung).

- c) Die **Grösse und Anzahl der Suchgebiete wurde limitiert**. Das reduziert die Anzahl zufälliger (aber falscher) Übereinstimmungen bei der Mustererkennung und ist besonders wesentlich für stratiformen Niederschlag oder stationäre Echos. Weiterhin wurde die nicht-lineare Entwicklung des Niederschlages in der Vergangenheit berücksichtigt.

Die Positionsparameter zeigen, dass der Übergang zu grösseren Dimensionen und die Reduktion kleinräumiger Variationen zu einer Vorhersageverbesserung für konvektive Niederschläge und frontale Winterniederschläge führte. Die Vorhersagequalität von stratiformem Niederschlag blieb davon unbeeinflusst. Dagegen führte hier die Beschränkung der Suchgebiete zu einer geringen Verbesserung. Die Vorhersage der Intensität des Niederschlages zeigte gute Resultate, die vorhergesagte Variation des Radarechos wich in grösserem Masse von der Variation des tatsächlichen Bildes ab. Die Anwendung von COTREC verbesserte die Vorhersage von konvektiven Niederschlägen besonders für Extrapolationszeiten grösser als 30 Minuten.

Ein weiterer Gegenstand der Untersuchung war die **Vorhersagbarkeit der Vorhersagequalität**. Sie gibt Aufschluss über die zu erwartende **Zuverlässigkeit einer Vorhersage**. Die Qualität der Mustererkennung aus dem ersten Zeitschritt (der Korrelationskoeffizient zwischen den aufeinanderfolgenden Bildern) dient als Indikator für die erreichbare Qualität der Vorhersage. Der Zusammenhang zwischen

- 1) dem Korrelationskoeffizienten der Mustererkennung und dem absoluten Fehler P1, und
  - 2) dem Korrelationskoeffizienten der Mustererkennung und dem Korrelationskoeffizient P6
- ermöglicht eine Abschätzung der zu erwartenden Vorhersagequalität.