

# Störungsmethode zur Erhöhung der Verlässlichkeit von Wettervorhersagen

Winkler, J. | Denhard, M.

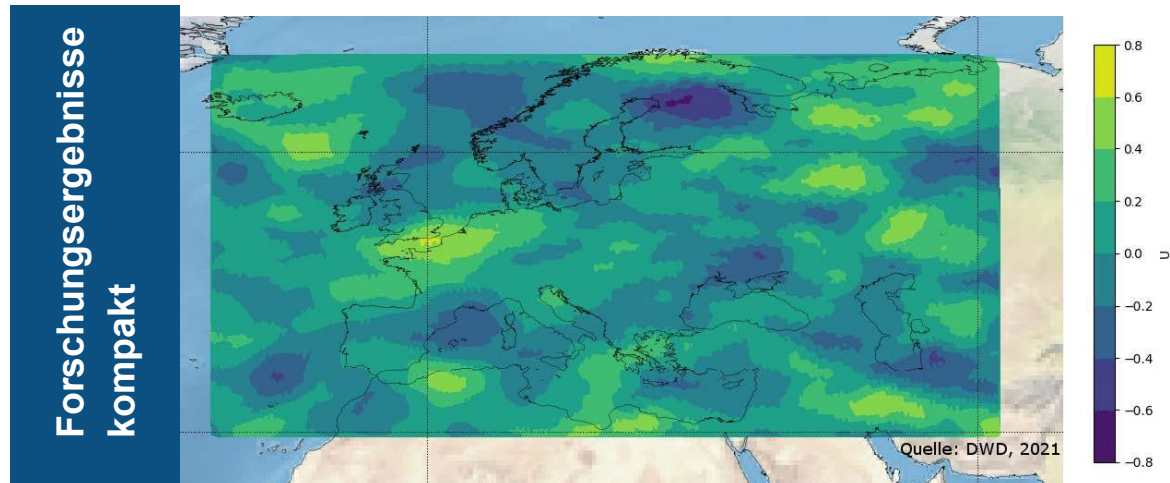


Abb. 1: Struktur einer dynamischen Zustandsstörung des Windfeldes. Störungen der atmosphärischen Zustände sind ein Weg um zusätzliche Wettervorhersagen zu generieren, womit dann insgesamt Aussagen über die Unsicherheit der Prognosen getroffen werden können.

## 1 Hintergrund und Ziele

Hauptaufgabe des Deutschen Wetterdienstes (DWD) ist die Warnung der Bevölkerungen vor Gefahren durch Unwetter. Diese hoheitliche Aufgabe hat besondere Relevanz im Bereich der Verkehrssysteme und die Arbeit des Deutschen Wetterdienstes ist ein relevanter Beitrag zur Erhöhung der Resilienz im Bereich Verkehr.

Dazu betreibt der DWD globale und regionale Wettervorhersagemodelle mit denen zu jedem Vorhersagetermin nicht nur eine sondern gleich mehrere Vorhersagen berechnet werden (Ensemble-Vorhersage). Dies ist eine wichtige Strategie, um mit Unsicherheiten im Bereich der Wettervorhersage umzugehen und eine Verbesserung des Warnmanagements zu erzielen.

## 2 Methoden

Es gibt unterschiedliche Ansätze Ensemble-Vorhersagesysteme zu generieren. Man unterscheidet insbesondere zwischen der Simulation von Modellfehlern und der Variation der Anfangsbedingungen für den Start der Vorhersage. Letzteres soll die Unsicherheit, die sich bei der Bestimmung des Anfangszustands in der Datenassimilation (der Zusammenführung der Messdaten im Vorhersagemodell) ergibt,

in die Vorhersage abbilden. Dazu müssen im Rahmen der geschätzten Fehler des Assimilationsprozesses kleine Veränderungen am Anfangszustand einer Simulation vorgenommen werden.

Unser Ansatz zielt darauf ab, diese Veränderungen im Anfangszustand so zu setzen, dass ein möglichst großes Wachstum der kleinen Störungen einsetzt, was aus mathematischen und physikalischen Überlegungen heraus sinnvoll ist. Als Basis zum entwickelten Verfahren dient die – auch bei anderen Wetterdiensten eingesetzte – Methodik der sogenannten „Singularvektor-Störungen“ (SV-Störungen), welcher aber vergleichsweise Hohen Aufwand benötigt (Rechenleistung, Softwarepflege). Der von uns entwickelte Ansatz trägt den Namen EIMSVA (Evolved Increment Matrix – Singular Vectors by Arnoldi) dessen Ziel ist, möglichst weitgehend die Vorteile des klassischen SV-Störungsansatzes zu erhalten, bei gleichzeitig weitgehender Vermeidung der Nachteile dieses Ansatzes.

### 3 Umsetzung und Erkenntnisse

Das von uns neu entwickelte Konzept der EIMSVA-Störungen haben wir zusammen mit einem theoretischen, insbesondere mathematischen Fundament erarbeitet und in (dynamischen) Systemen mittlerer Komplexität angewendet. Die Ergebnisse insbesondere im Hinblick auf die angestrebte Eigenschaft des Wachstums der Störungen sind sehr positiv. Dies wurde in dem renommierten meteorologischen Fachjournal „Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society“ als wissenschaftlichen Artikel veröffentlicht (siehe [WDS]).

Zu Anwendung des Konzeptes mit dem globalen DWD-Modell ICON haben wir ein Softwarepaket in der Programmiersprache Python entwickelt, welches es ermöglicht EIMSVA Störungen zu generieren. Die damit erzeugten Störungen haben eine vielversprechende Struktur (siehe Titelbild). Zur Übernahme der Methode in die operationelle Vorhersage sind noch weitere umfangreiche Experimente über eine längere Zeitspanne notwendig, um auf das genaue Verhalten und den Nutzen der generierten Störungen für die Qualität der Ensemble Vorhersage schließen zu können. Mit dem existenten Softwarepaket sind dafür die entsprechenden Voraussetzungen und Einsatzmöglichkeiten geschaffen worden.

#### Literaturangaben

[WDS] Winkler J, Denhard M, Schmitt BA (2020) Krylov methods for adjoint-free singular vector based perturbations in dynamical systems. QJR Meteorol. Soc.146, 225–239. DOI: 10.1002/qj.3668

Kontakt: jens.winkler@dwd.de  
Stand: 09.2021