Project: **1357**

Project title: **D-KULT**

Principal investigator: **Sigrun Matthes**

Report period: **2023-05-01 to 2024-04-30**

Maximum of 2 pages including figures. 9 pt minimum font size.

Results obtained in the LuFo-Project D-KULT

Die Arbeiten im Projekt D-KULT, die innerhalb des DKRZ-Projekts 1357 durchgeführt wurden, dienen der Untersuchung von verschiedenen Wettervorhersageprodukten des DWD hinsichtlich der **Vorhersagequalität** für persistente Kondensstreifen. Insbesondere werden vom DWD Daten auf dem DKRZ Server abgelegt, die folgende Felder enthalten:

- eine binäre Maske, die anzeigt, wo sich persistente Kondensstreifen bilden können (PPC, potential persistent contrails) aus dem deterministischen Lauf von ICON (PPC=0/1);
- eine entsprechende Wahrscheinlichkeit (ppc_prob), berechnet aus den Ensembleläufen von ICON ($0 \leq$ ppc_prob ≤ 1).

Mit diesen Daten werden zur Zeit Auswertungen für eine Masterarbeit und eine Dissertation durchgeführt.

Wir benutzen einfache statistische Methoden wie lineare Korrelationen, Histogramme und so weiter. Wir benutzen ferner Methoden zum Vergleich von Lage, Größe und Orientierung vorhergesagter PPC=1 Gebiete bei verschiedenen Vorhersagehorizonten (z.B. D-2, D-1, D0). Das sind einfache Verfahren, die dem Bereich der Forecast-Verification zugerechnet werden können.

Zwei Beispiele mögen das erläutern:

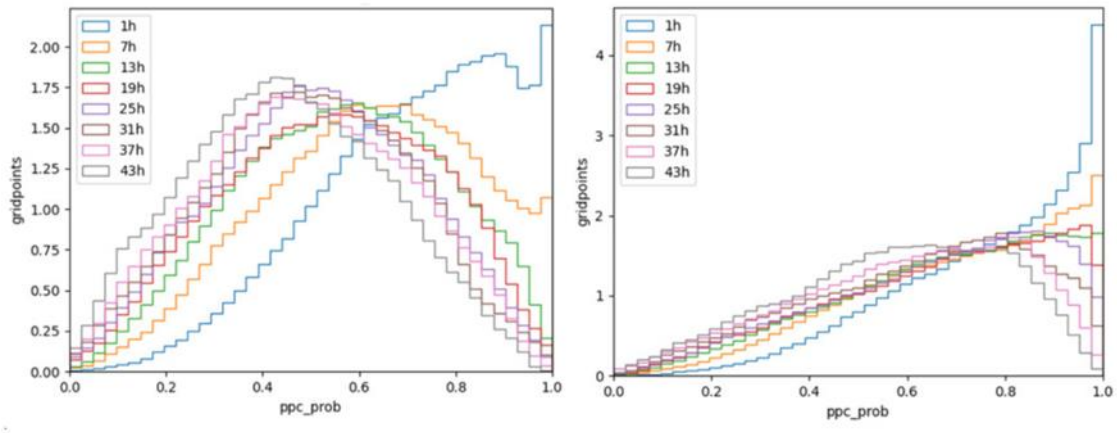

Bild 1: Verteilung von ppc_prob für alle Gitterpunkte mit PPC=1 bei verschiedenen Vorhersagehorizonten. Gezeigt sind zwei verschiedene zufällig ausgewählte Termine (rechts und links). (Masterarbeit G. v. Bonhorst).

ppc_prob ist der Anteil der Ensemblemitglieder, die dort, wo der deterministische Lauf PPC=1 findet, ebenfalls PPC=1 findet. Die folgende Abbildung zeigt die Verteilung von ppc_prob an zwei verschiedenen Tagen, für unterschiedliche Vorhersagehorizonte.

Gezeigt sind die Verteilungen (nicht normiert) von ppc_prob für Vorhersagehorizonte von 1h bis 43h, an zwei verschiedenen Terminen, die sich in den Verteilungen deutlich unterscheiden, was offenbar auf die unterschiedlichen Wetterlagen zu diesen Terminen zurückzuführen ist. Eine gemeinsame Eigenschaft beider Termine ist, dass nur die ppc_prob Verteilung für einen Horizont von 1h ein Maximum bei 1 besitzt; d.h., innerhalb einer Stunde laufen die Ensemble-Mitglieder

nicht sehr auseinander hinsichtlich der PPC Vorhersage und die meisten sind sich mit dem deterministischen Lauf einig. Leider ist ein Vorhersagehorizont von 1h für die Planung von Flügen utopisch (ausser für quasi-taktische Anpassungen einer Flugtrajektorie direkt vor oder schon im Flug), so daß es wichtig ist, die längeren Vorhersagehorizonte zu betrachten. Da muß man leider feststellen, dass meistens nur noch die Hälfte der Ensemble-Mitglieder sich über PPC=1 einig sind. Die Verteilungen an den beiden Terminen unterscheiden sich, aber man muß leider feststellen, dass ein großes Vertrauen in die Vorhersage PPC=1 des deterministischen Vorhersagelaufs häufig nicht gerechtfertigt ist.

In einer anderen Studie werden, im Sinne einer Forecast Verification, vorhergesagte PPC=1 Gebiete zu verschiedenen Vorhersagehorizonten (z.B. Vorhersagehorizonte von 12h und 24h) miteinander verglichen, und zwar hinsichtlich der Lage, der Größe, der gesamten Wahrscheinlichkeit für persistente Kondensstreifen, und der Orientierung dieser Gebiete. Zur Bestimmung dieser Größen werden einfache mechanische Analogien (Schwerpunkt, Trägheitsmomente und Trägheitstensor mit Hauptachsenbestimmung) verwendet.

Zunächst werden die einzelnen PPC=1 Gebiete in den beiden Vorhersagen erkannt und PPC-Paare (= gleiche PPC-Gebiete, die in beiden Vorhersagen gefunden werden können) gebildet. Dann werden die Eigenschaften der beiden PPC-Gebiete eines Paares miteinander verglichen. Die Charakterisierung umfasst unter anderem die Anzahl der PPC=1 Fälle pro PPC-Gebiet, die Summe PPC_prob, die mittlere PPC_prob, die Lage des Schwerpunktes, den Winkel der Hauptachsen und der x-Achse (siehe Bild 2).

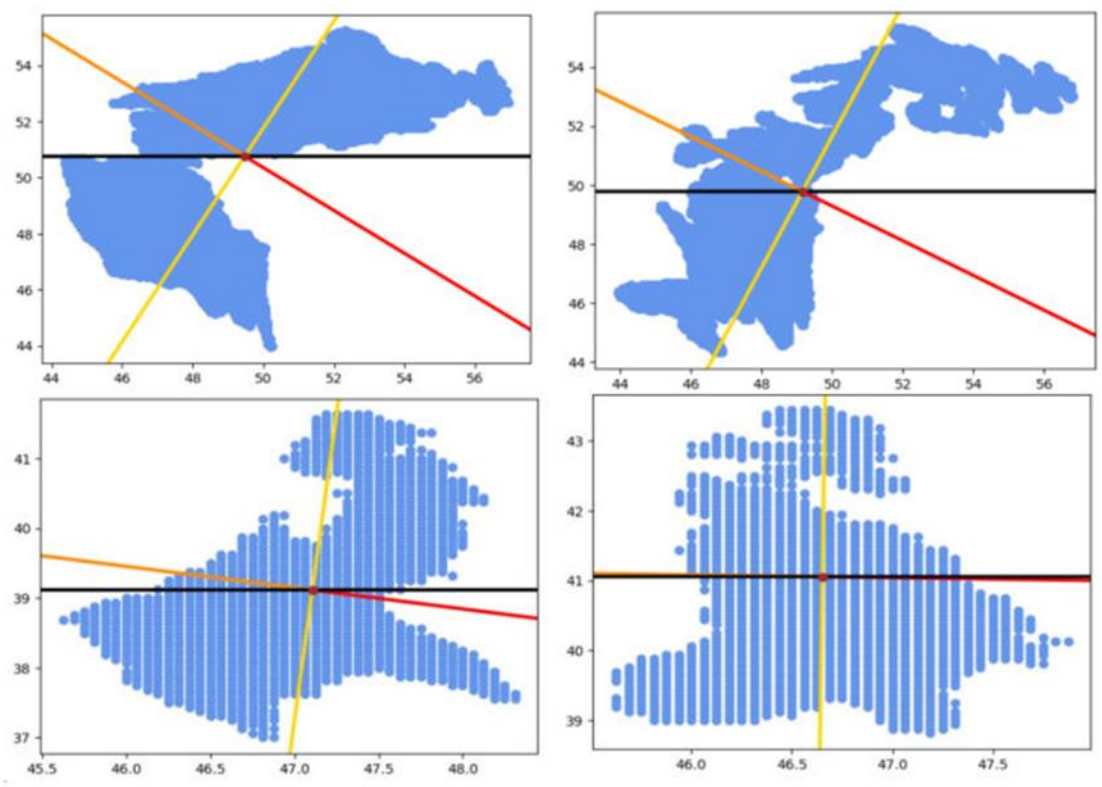

Bild 2: Zwei PPC=1 Gebiete (oben und unten) zum gleichen Vorhersagezeitpunkt, aber mit unterschiedlichen Vorhersagehorizonten von 12h (links) und 24h (rechts). Eingezeichnet sind die Schwerpunkte der Gebiete (rote Punkte), sowie die Hauptachsen (rot und orange für die große, gelb für die kleine Hauptachse). (Dissertation S. Hofer). Das PPC=1 Gebiet unten ist viel kleiner als das oben, deshalb sieht man die einzelnen Gitterpunkte deutlicher.

Aus den Eigenwerten des Trägheitstensors lassen sich weiterhin die Exzentrizität der Gebiete, sowie aus den dritten Momenten die Schiefe“ der Formen bestimmen. Weitere Hu-Momente dienen ebenfalls der Charakterisierung der (Un-) Ähnlichkeit der PPC=1 Gebiete.

Eine weitere Anwendung ist die der Untersuchung der Kinematik der PPC=1 Gebiete oder ganz allgemein von eisübersättigten Regionen.