

Zielorientierte Adaptivität und die Wechselwirkung eines tropischen Wirbelsturmes mit einem Strahlstrom in einem barotropen Modell

L. Scheck (1), S.C. Jones (1), M. Baumann (1), V. Heuveline (1), and M.N. Jukes (2)

(1) Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe, Deutschland, (2) British Atmospheric Data Center, Chilton, Großbritannien

Die Entwicklung der Struktur, Intensität und Bewegung tropischer Wirbelstürme wird von Prozessen gesteuert, die auf sehr unterschiedlichen Skalen ablaufen. Während die Bewegung durch Strömungen auf Skalen von mehreren tausend Kilometern bestimmt ist, sind konvektive Prozesse auf Skalen von einige Kilometern wichtig für Entstehung von Wirbelstürmen. Für Änderungen der Struktur und der Intensität sind sowohl grosskalige Strömungen als auch solche, die auf konvektiven Skalen ablaufen, wichtig. Die Modellierung eines tropischen Wirbelsturms erfordert daher einen Multiskalen-Ansatz.

Adaptive Techniken sind ein vielversprechender Weg, um derartige Multiskalen-Probleme in Angriff zu nehmen. Wir untersuchen Techniken zur automatischen lokalen Gitteradaption, die von Zielfunktionalen gesteuert wird. Die mittels zielorientierter Methoden berechneten Sensitivitätsinformationen werden dazu benutzt, das Gitter automatisch so anzupassen, dass der Fehler in einer aus der numerischen Lösung berechneter, beliebig wählbaren physikalische Größe minimiert wird. Neben der Gitteranpassung können die Sensitivitätsinformationen auch dazu benutzt werden, die im Modell ablaufenden Prozesse besser zu verstehen – ähnlich zu singulären Vektoren.

Im Rahmen einer mathematisch-meteorologischen Kollaboration führen wir adaptive Rechnungen zeitabhängiger Probleme durch, die für tropische Wirbelstürme relevant sind. Wir verwenden stark idealisierte Szenarien, da tropische Wirbelstürme in ihrer vollen Komplexität zu aufwendig zu modellieren und nicht gut genug verstanden sind, um direkt als Testproblem dienen zu können. Für die von uns definierten idealisierten Szenarien werden mit einem nicht-adaptiven Verfahren hochaufgelöste Referenzläufe und singuläre Vektoren berechnet und mit adaptiven Rechnungen für verschiedene Zielfunktionale verglichen.

In einem dieser Testprobleme untersuchen wir die Wechselwirkung eines tropischen Wirbelsturms mit einem Strahlstrom mit Hilfe eines nichtdivergenten barotropen Modells. Die Zirkulation des Wirbelsturms regt Rossby-Wellen auf dem starken PV-Gradienten in der oberen Troposphäre an, mit dem der Strahlstroms verbunden ist und den man als Front interpretieren kann. Dies hat sowohl für die Bewegung des Sturmes als auch für stromabwärtige Entwicklung Konsequenzen. Modellläufe für verschiedene Wirbel-Profile und Strahlstromgeschwindigkeiten ergeben, dass resonante Wellen, deren Phasengeschwindigkeit mit der Translationsgeschwindigkeit des Sturmes übereinstimmen, die Wechselwirkung dominieren. Diese Wellen werden am stärksten angeregt und beeinflussen auch die Sturmbewegung am stärksten.

Bereits im Anfangszustand eines Modellaufes vorhandene resonante Wellen haben starken Einfluss auf die Wechselwirkung. Die Lösung hängt in diesem Fall stark von der Anfangsposition des Sturmes relativ zu den Rücken und Trögen ab. Wir identifizieren einen Bifurkationspunkt auf der Trogachse. Beliebig kleine Verschiebungen des Sturms von diesem Punkt entscheiden darüber, ob der Sturm sich Richtung Strahlstrom bewegt und beschleunigt oder von diesem abgestossen wird und abbremst. Die Abstand der Sturmpositionen für diese beiden Fälle wächst um bis zu 2000km pro Tag. Wir diskutieren, unter welchen Umständen es zu solchen Bifurkationen kommen kann.