

4D-VAR Datenassimilation für ein SVAT-System zur verbesserten Vorhersage von Energieflüssen in die Atmosphäre

C. Hoppe, J. Schwinger, and H. Elbern

Universität zu Köln, Rheinisches Institut für Umweltforschung, Germany (ch@eurad.uni-koeln.de)

Meteorologische Größen in bodennahen Schichten wie die Temperatur und Luftfeuchte in 2m werden stark von der Erdoberfläche beeinflusst. Um diese Größen, die für viele Bereiche des täglichen Lebens von großer Bedeutung sind, präzise und möglichst langfristig vorhersagen zu können, ist eine genaue Kenntnis der Energieflüsse von der Erdoberfläche in die Atmosphäre notwendig. Diese Flüsse können mit Hilfe von Soil-Vegetation-Atmosphere-Transfer (SVAT)-Modellen berechnet werden.

Es wurde ein 4-dimensionales variationales (4D-VAR) Datenassimilationssystem für das Community Land Model Version3.5 (CLM3.5) entwickelt und angewandt, um die Vorhersage der Energieflüsse durch Assimilation von Bodenfeuchte und Bodentemperaturmessungen zu verbessern.

Das CLM3.5 ist ein komplexes SVAT-Schema im Rahmen des Community Climate System Model (CCSM). Es berechnet Austauschprozesse zwischen Boden, Vegetation und Atmosphäre wie beispielsweise die Infiltration im Boden, Wasserspeicherung der Pflanzen und Evapotranspiration.

Die 4D-VAR Datenassimilation erfordert die Entwicklung eines adjungierten Modells des CLM, mit dessen Hilfe der Gradient einer quadratischen Kostenfunktion berechnet werden kann, die die Differenz zwischen Modellvorhersage und Messwerten quantifiziert. Das Ziel der Assimilation ist es, eine bestmögliche Abschätzung der Anfangswerte für das CLM zu finden, um die Kosten zu minimieren. Das adjungierte Modell konnte mit Hilfe des adjungierten Compilers Tapenade programmiert werden, nachdem Konversionen der Softwarestruktur durchgeführt wurden. Der entwickelte tangential-lineare und adjungierte Code wurde umfangreich getestet. Dies geschah durch den Vergleich mit dem Quotienten aus finiten Differenzen und den Verleich von tangential-linearem und adjungiertem Modell.

Der Programmieraufwand ist bei der 4D-VAR Methodik im Vergleich zu anderen Assimilationsverfahren relativ hoch, dafür profitiert man von den Vorteilen, dass alle Messungen im Assimilationsintervall verwendet werden können, ohne die Modelltrajektorie zu unterbrechen. Des Weiteren werden die Zusammenhänge der einzelnen Variablen berücksichtigt und diese können miteinander interagieren.

Umfangreiche Tests mit synthetisch generierten „Messungen“ geben Informationen über das Verhalten des Assimilationssystems. Es wurde untersucht, wie das Modell in verschiedenen Konfigurationen reagiert, indem es die Analyse den fiktiven „Messwerten“ anpasst. Diese Tests wurden unter anderem mit verschiedenen Bodenarten, Bodenfeuchten und Assimilationsintervallen durchgeführt.

Ferner werden reale Fernerkundungs- und In-situ-Messungen von Bodentemperatur und Bodenfeuchte assimiliert, die im Rahmen des SFB/Transregio32 im Einzugsgebiet der Rur stattfanden. Dies führt zu einer genaueren Berechnung der Energieflüsse, die schwierig experimentell zu messen sind. In der Präsentation wird gezeigt, wie die mittels Assimilation neu berechneten Energieflüsse WRF-Vorhersagen für das Rur-Einzugsgebiet beeinflussen.