

7 Zusammenfassung und Ausblick

Ein immer noch zentrales Problem bei der Modellierung des Niederschlages in Vorhersagemodellen ist die Bereitstellung geeigneter Beobachtungsdaten einerseits und die Verifikation der Simulationsergebnisse andererseits. Voraussetzung für die Verifizierung der Niederschlagsvorhersage ist die Kenntnis der räumlichen und zeitlichen Verteilung der Niederschlagsmenge als ‚bestmögliche Wahrheit‘.

In der vorliegenden Arbeit wurde das Interpolationsverfahren zur flächenmäßigen Darstellung des Niederschlages vorgestellt, welches erlaubt, mit Hilfe der Wolkentypen den Niederschlag in einen stratiformen und einen konvektiven Anteil zu trennen. Die Basis für die Trennung des Niederschlages bei der Interpolation stellten hierfür die niederschlagsrelevanten Wolkentypen des konventionellen Beobachtungsmessnetzes und abgeleitete Wolkentypen aus Meteosat-Daten.

Um überhaupt Wolkentypen bei der Interpolation nutzen zu können, wurden diese in eine normierte Niederschlagshäufigkeit (Kap. 4.4) umgesetzt. Die Datengrundlage für die Trennung des Niederschlages in einen konvektiven und stratiformen Niederschlag bilden wiederum synoptische Beobachtungen des Wetterzustandes, der Wolkentypen und des Niederschlages der Jahre 1992 bis 2004 von Mitteleuropa (Kap. 3). Für den konvektiven Niederschlag wurden die Wolkengruppen Cumulus congestus, Cumulonimbus/Nimbostratus und Cumulus und für stratiformen Niederschlag Stratus fractus, Stratocumulus und Altocumulus mit Altostratus/Nimbostratus zur Trennung des Niederschlages verwendet. Die ausschließlich für diese Wolkentypen erstellte normierte Niederschlagshäufigkeit ist allgemein in Mitteleuropa anwendbar.

In einer Vorstudie wurde die Genauigkeit der abgeleiteten Wolkentypen aus Meteosat-Daten (Kap. 4.3.1) mit einem langjährigen synoptischen Beobachtungsdatensatz von 1992 bis 2004 über Mitteleuropa verglichen. Der Vergleich mit den Meteosat-Daten und den beobachteten Wolken zeigte, dass die Übereinstimmung der korrekt zugeordneten Pixel zu der Gesamtzahl der Ergebnispixel zum Beispiel beim Stratus fractus bei 63 % und für die Wolkenklasse Cumulonimbus/Nimbostratus bei 97 % liegt. Anschließend wurden die abgeleiteten Wolkentypen aus Meteosat-Daten auf das 7 x 7 km² Gitter des Lokal-Modells gebracht und sind somit flächendeckend für Deutschland verfügbar.

Im Endergebnis wurde für das Jahr 2004 ein Niederschlagsdatensatz getrennt in einen stratiformen und einen konvektiven Anteil auf stündlicher Zeitskala erstellt. Dieser neuartige Niederschlagsdatensatz mit einer horizontalen Auflösung von 7 km und den entsprechenden Eck-Koordinaten des Lokal-Modells vom Deutschen Wetterdienst wird zur skalenabhängigen Verifizierung der stündlichen Niederschlagsvorhersage aus dem LM für Deutschland herangezogen. Mit der Integration von zeitlich und räumlich hoch aufgelösten Fernerkundungsdaten sollen die bestehenden Informationsdefizite bei der Niederschlagsanalyse verbessert werden. In dieser Arbeit wird die Niederschlagsanalyse der FUB ohne und mit Satellitendaten verglichen. Die mittlere Verteilung der Niederschlagssumme in Deutschland wird zunächst auf entsprechende Unterschiede untersucht. Dabei ergab sich qualitativ eine Erhöhung in den Abendstunden beim konvektiven Niederschlag sowie eine Verringerung der Niederschlagsmenge des stratiformen und des gesamten Niederschlags durch das Hinzufügen der Satellitendaten. Mit der Anwendung der normierten Niederschlagshäufigkeit auf aus Meteosat-Daten abgeleitete Wolkentypen konnten regionale Unterschiede der Niederschlagsmenge aufgezeigt werden, die zur Verbesserung der räumlichen und zeitlichen Niederschlagsanalyse geeignet sind. Dieser stündliche, skalenabhängige Niederschlagsdatensatz der FUB erlaubt eine flächendeckende Untersuchung zum Tagesgang und zur Intensitätsverteilung des Niederschlages, der mit den Datensätzen der LM-Analyse und der LM-Vorhersage verglichen wurde.

Dabei stellten sich typische Probleme des Lokal-Modells heraus:

- Der Tagesgang (Kap. 5.3.2) des gesamten vorhergesagten Niederschlags wird überschätzt, und das Maximum wird um drei Stunden zu früh simuliert. Außerdem weist die LM-Analyse zu geringe Niederschlagsmengen auf.
- Der Tagesgang des konvektiven vorhergesagten Niederschlages und auch der LM-Analyse zeigt im Gegensatz zur Niederschlagsanalyse der FUB einen falschen Tagesgang mit einem zu frühen Tagesmaximum und zu geringen Niederschlagsmengen besonders zwischen 16 und 08 Uhr.
- Der Tagesgang der stratiformen Niederschlagsmenge wird dagegen bei der Vorhersage überschätzt. Dagegen zeigt sich im Tagesgang der LM-Analyse bis auf die Maxima eine recht gute Übereinstimmung zum Tagesgang des Niederschlages der FUB.

Durch die Trennung der Niederschlagsarten konnte hier erstmalig gezeigt werden, dass generell der Tagesgang des gesamten Niederschlages vom Anteil des konvektiven Niederschlages geprägt wird. Die Modellschwächen beim gesamten Niederschlag wurden auch innerhalb des COSMO (2006) beschrieben, allerdings nicht für die skalenabhängigen Niederschlagsarten.

Für die Verifikation der quantitativen Niederschlagsvorhersage des gesamten, konvektiven und stratiformen Niederschlages für das Jahr 2004 für Deutschland wurden der ‚Mittlere absolute Fehler‘ (MAE), der ‚True Skill Statistics‘ (TSS) und der ‚Frequency Bias Index‘ (FBI) ausgewählt. Dabei wurden dreistündige Niederschlagssummen des 00 UTC-Laufs verwendet. Da im Rahmen eines DFG-Schwerpunktprogrammes im Jahr 2007 eine Feldmesskampagne bezüglich des Niederschlages im Schwarzwald stattfand, wurde in dieser Arbeit Baden-Württemberg als ein orographisch geprägtes Gebiet mit dem relativ flachen Gebiet Berlin/Brandenburg bezüglich des Niederschlages verglichen. Im Sommer zeigt sich durch die vermehrten konvektiven Niederschläge auch hier der maximale Fehler. Bei der regionalen Betrachtung zwischen Baden-Württemberg und Berlin/Brandenburg wurden von der Tageszeit abhängige Fehler gefunden, die auch jahreszeitlich unterschiedlich ausgefallen sind. Auffällig in der Region Berlin/Brandenburg ist die schlechte Niederschlagsvorhersage im Winter und Herbst, dargestellt durch den MAE. Bei der Betrachtung des MAE's in der Region Baden-Württemberg fällt auf, dass der Fehler zu jeder Jahreszeit im Vorhersagezeitraum zwischen 03 und 06 Uhr größer ist als in der Region Berlin/Brandenburg. Durch die Trennung des Niederschlages in den konvektiven und stratiformen Anteil wurde deutlich, dass der Fehler des gesamten Niederschlages vom Fehler des konvektiven Niederschlages geprägt wird. Der stratiforme Anteil am MAE ist generell geringer als der konvektive, was auch durch die unterschiedlichen Niederschlagsmengen bedingt wird.

Des Weiteres wurde der ‚True Skill Statistics‘ als die genaueste Maßzahl, die relativ unabhängig von der Niederschlagsverteilung und systematischen Fehlern ist, in dieser Arbeit betrachtet. Durch den TSS wurde gezeigt, dass im Winter und im Herbst die Werte beim gesamten Niederschlag im negativen Bereich liegen, was bedeutet, dass der Modellniederschlag schlechter als die Niederschlagsanalyse der FUB ist. Im Sommer zeigt sich beim TSS ein nahezu identischer Tagesgang des gesamten, konvektiven und stratiformen Niederschlages für die Region Berlin/Brandenburg und Baden-Württemberg.

Mit dem Fehler-Maß FBI wurde das Verhältnis der Häufigkeiten des Modellniederschlags zur Niederschlagshäufigkeit der Analyse (FUB) (größer 0,1 mm) betrachtet. Für die stündlichen Daten liegt der Anteil der Ereignisse mit einer Niederschlagsbeobachtung (h) beim gesamten Niederschlag zu allen Jahreszeiten bei ca. 3 % und ohne Niederschlag (z) bei 88 %. Es wurde dabei festgestellt, dass der Tagesgang des gesamten Niederschlages im Winter, Sommer und Herbst überschätzt wird, mit einer Unterschätzung zwischen 15 und 18 Uhr. Im Endergebnis unterschätzt das LM den konvektiven als auch den stratiformen Niederschlag in der Häufigkeit der Niederschlagsereignisse. Für die Region Berlin/Brandenburg und Baden-Württemberg zeigte sich im Sommer eine unterschiedliche Amplitude im Tagesgang aller Niederschlagsarten. Für den gesamten Niederschlag zeigte sich, dass dieser für Baden-Württemberg zwischen 09 und 15 Uhr stärker überschätzt wird als für die Region Berlin/Brandenburg. Diese Überschätzung des gesamten Niederschlages resultierte aus den häufigeren Tagen mit Niederschlag beim LM.

Ausblick

Da die weitere Entwicklung der Vorhersagemodelle des Deutschen Wetterdienstes dahingeht, dass die horizontale Auflösung kleiner als 3 km (COSMO-DE, Baldauf et al. 2006) ist, ist die Verifizierung dieses neuen Modells notwendig, welches bereits seit dem Jahr 2007 operationell eingesetzt wird. Gerade im Hinblick auf die sehr hohe Auflösung ist ein entsprechender Niederschlagsdatensatz in stündlicher Auflösung identisch auf dem COSMO-DE Raster zur Verifizierung erstrebenswert. Wegen der räumlichen "Abdeckung" der Niederschlagsstationen in Mitteleuropa läge ein wichtiger weiterführender Schritt in der Integration der aus höherer Auflösung abgeleiteten Wolkentypen aus Satellitendaten. Hierfür wären die Daten des seit dem 13. Mai 2008 auf Meteosat-8 in Betrieb genommenen Rapid-Scan-Service zu prüfen. Dieser liefert eine wertvolle Ergänzung zu den Wetterradarsystemen, da der Scannvorgang nur 5 Minuten dauert und die Bildprodukte auf allen 12 Spektralkanälen des MSG-Satelliten basieren. Somit wäre auch die normierte Niederschlagshäufigkeit aus Wolkentypen für Mitteleuropa auf andere Satellitensysteme übertragbar.