

RHEINISCHE FRIEDRICH-WILHELMS-UNIVERSITÄT BONN
MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE FAKULTÄT
METEOROLOGISCHES INSTITUT

Dynamical Downscaling with COSMO(-CLM) in the Sino-Mongolian Altai Region

Master Thesis in Physics of the Earth and Atmosphere

Frederik Kurzrock

April 2014

Supervisors:
Prof. Dr. Clemens Simmer
Dr. Christian Ohlwein

Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Alle verwendeten Zitate sind kenntlich gemacht.

Bonn, den 7. April 2014

1. Gutachter: Prof. Dr. Clemens Simmer
2. Gutachter: Dr. Christian Ohlwein

Abstract

The interest of atmospheric sciences in the continental regional climate of the Sino-Mongolian Altai has been relatively low so far. The sparse network of weather stations makes it difficult to profoundly verify high resolution atmospheric models in the region. For the first time, regional simulations with a very high resolution (grid spacing of about 7 km) have been performed in the Altai region with the model COSMO(-CLM). Two 5-year periods (1979-1983 and 2008-2012) have been simulated in order to realise a first evaluation of the model for the Altai. The added value of a dynamical downscaling with CCLM towards the driving ERA-Interim reanalysis is investigated. Observation data from the Institute of Meteorology and Hydrology of Mongolia and the WATERCOPE project have been utilised for comparison. Considering 2 m temperature and precipitation, different improvements regarding ERA-Interim become apparent in the mountains. CCLM produces too much convection in the mountains and therefore overestimates precipitation in spring, autumn and winter. Moreover, it underestimates the markedness of winterly near-ground inversions. Just like ERA-Interim, CCLM cannot reproduce the winterly minimum of observed precipitation. On the other hand it is much closer to the observed maximal monthly sums of precipitation in summer in the mountains than ERA-Interim. Besides, the distribution of precipitation events of different intensity on a three-hourly scale becomes more realistic with increasing altitude compared to ERA-Interim. Additionally to the regional climate simulations, weather simulations were performed for July 2013. These are used in order to examine the ability of the COSMO model to reproduce the vertical structure of the troposphere in the Altai by comparison with radio soundings. COSMO is capable of qualitatively simulating different features of tropospheric stratification. Mean differences of observed and simulated dew point and temperature profiles amount to 1-2 °C in the lower troposphere.

Zusammenfassung

Das kontinentale Regionalklima des sino-mongolischen Altai wurde in den Atmosphärenwissenschaften bislang vergleichsweise wenig untersucht. Das dünn ausgebaute Netz an Wetterstationen erschwert eine tiefgreifende Verifikation hochauflösender Atmosphärenmodelle in der Region. Zum ersten Mal wurden mit dem Regionalmodell COSMO(-CLM) Simulationen mit einer sehr hohen Auflösung (ca. 7 km Gitterpunktabstand) in der Altai Region durchgeführt. Mit dem Ziel einer ersten Evaluierung des Modells im Altai wurden zwei 5-Jahres-Zeiträume (1979-1983 und 2008-2012) simuliert. Es wird untersucht, welche zusätzlichen Informationen ein dynamisches Hinunterskalieren gegenüber der antreibenden ERA-Interim Reanalyse hervorbringt. Für diesen Vergleich werden Beobachtungsdaten vom mongolischen Institut für Meteorologie und Hydrologie (IMH) und von Niederschlagsmessern des WATERCOPE Projekts verwendet. Hinsichtlich der betrachteten Größen 2 m Temperatur und Niederschlag zeigen sich in den Bergen verschiedene Verbesserungen gegenüber ERA-Interim. Niederschlag wird in den Bergen aufgrund zu starker konvektiver Vorgänge in CCLM in Frühling, Herbst und Winter überschätzt, die Ausprägung winterlicher, bodennaher Inversionen unterschätzt. CCLM kann zwar wie ERA-Interim das beobachtete Niederschlagsminimum im Winter nicht reproduzieren, liegt jedoch im Sommer in den Bergen deutlich näher an den beobachteten maximalen Monatsmengen. Außerdem ist die Verteilung von Niederschlagsereignissen verschiedener Intensität auf dreistündiger Skala mit zunehmender Höhe zunehmend realistischer als ERA-Interim. Neben den regionalen Klimasimulationen wurden zudem Wetter Simulationen für Juli 2013 durchgeführt. Dabei wird die Fähigkeit des COSMO Modells die vertikale Struktur der Troposphäre im Altai zu reproduzieren anhand von Radiosondendaten überprüft. COSMO ist dazu in der Lage, verschiedene Eigenschaften der troposphärischen Schichtung qualitativ gut wiederzugeben und weicht bei Temperatur und Taupunkt in der unteren Troposphäre im Mittel um 1-2 °C von den gemessenen Werten ab.

Contents

1. Introduction	1
2. Mathematical Tools	5
3. Model and Model Setup	7
4. Observational Data	13
4.1. Weather Stations	13
4.2. Radio Soundings	15
4.3. Further Field Measurements	15
5. Results and Discussion	17
5.1. Climate Diagrams	17
5.2. Time Series of Precipitation and Temperature	23
5.3. Precipitation Extremes	27
5.4. Daily Mean Temperatures and Extremes	28
5.5. Short-term Precipitation Extremes	30
5.6. Potential Improvements of the Climate Simulations	32
5.7. Vertical Structure of the Troposphere	33
6. Conclusions	39
7. Outlook	41
A. Appendix	43
Bibliography	45
List of Figures	51
List of Tables	53

