

ADAPTATION OF THE COMMUNITY
LAND MODEL TO THE
MONGOLIAN ALTAY REGION

Masterthesis in Physics of Earth and Atmosphere

by

Michael Frerkes

18. November 2013

Supervisors:

Prof. Dr. Clemens Simmer

Dr. Mauro Sulis

Meteorologisches Institut
Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst habe. Alle verwendeten Quellen und Hilfsmittel habe ich angegeben und Zitate kenntlich gemacht.

Bonn, 18. November 2013

Abgabetermin: 18. November 2013

Adaptation of the Community Land Model to the Mongolian Altay region

The correct simulation of snow pack building and discharge in the Bulgan and the Qinghe River drainage area is a long-term goal within the scope of the *WATERCOPE* project. This Sino-Mongolian-German project is a consortium of researchers investigating the Altay-Dzungaria region. This master thesis deals with the adaptation of the Community Land Model (CLM 3.5) to that area. By means of this land surface model, the discharge is simulated. In general, the focus is on the Mongolian Bulgan River.

After an introduction to the model physics and its methods, the created surface data set and its sources are outlined. The surface data set includes land use, soil properties and topography. Furthermore, two different atmospheric data sets, such as dynamically downscaled COSMO data and ERA-Interim reanalysis data are presented.

Although the simulation of discharge and snow is the main objective, it is essential, to analyse further model results. In this master thesis, the focus is on the model interpretation, which is performed by analysing the hydrological budget and the energy balance on different time scales. Therefore, the results are compared with validation data sets, that were gathered by several measuring stations in the drainage area of the Bulgan River.

Finally, discharge simulations are performed on a long-term (2008) as well as on a short-term scale (July 2013). The results lead to several approaches for model improvements, which are outlined at the end of this master thesis.

Anpassung des Community Land Model an die mongolische Altai-Region

Neben der korrekten Simulation von Schnee im Wassereinzugsgebiet der Flüsse Bulgan und Qinghe ist auch die realistische Modellierung des Wasserabflusses durch die beiden Flüsse ein langfristiges Ziel innerhalb des *WATERCOPE* Projektes. *WATERCOPE* ist ein sino-mongolisch-deutsches Projekt, in dessen Rahmen die Altai-Dzungeria Region an der Mongolisch-chinesischen Grenze im Westen der Mongolei untersucht wird. Diese Masterarbeit befasst sich mit der Anpassung des Community Land Model (CLM 3.5) an dieses Gebiet. Der Wasserabfluss kann mit Hilfe dieses Landoberflächenmodells simuliert werden. Die vorliegende Studie konzentriert sich auf das mongolische Einzugsgebiet des Bulgans.

Zunächst wird eine kurze Einführung in die Modellphysik und die Methoden des CLM gegeben. Die benötigten Parameter zur Beschreibung der Landoberfläche und deren Quellen werden erläutert. Die so gewonnenen Größen charakterisieren die Vegetation, die Topographie und weitere Bodeneigenschaften. Des Weiteren werden COSMO und ERA-Interim Datensätze als atmosphärischer Antrieb für das CLM vorgestellt.

Obwohl das Hauptaugenmerk auf der Simulation von Schnee und Wasserabfluss liegt, ist es unerlässlich, die Modellergebnisse im Allgemeinen zu untersuchen. Hierzu werden sowohl die hydrologische Bilanz als auch der Energiekreislauf auf verschiedenen Zeitskalen analysiert. Zu diesem Zweck werden die Ergebnisse auch mit Hilfe von Messdaten der Altai-Region validiert.

Letztlich werden die Simulationen des Flussablaufs sowohl auf einer längeren (2008) als auch auf einer kürzeren (Juli 2013) Zeitskala durchgeführt und mit Messdaten verglichen. Die gewonnenen Erkenntnisse führen schließlich zu verschiedenen Ansätzen, wie das modifizierte CLM in der Altai-Region verbessert werden kann.

Table of Contents

1	Introduction	9
1.1	Motivation	9
1.2	Mathematical tools	11
1.2.1	Root mean square error	11
1.2.2	Variance and Standard deviation	11
2	Theory	13
2.1	Geography and climate of the study area	13
2.2	Community Land Model	15
2.2.1	Grid structure	17
2.2.2	Energy and its fluxes	18
2.2.3	Atmospheric drive	19
2.2.4	Plant functional types	20
2.2.5	Soil properties	21
2.2.6	Hydrological processes	23
2.2.7	The river transport model	27
3	Input data set	29
3.1	Atmospheric forcing data	29
3.2	Topographic data	32
3.3	Land use and soil data	33
4	Observation data set	41
5	Long-term analysis of model results	45
5.1	Energy fluxes	46
5.2	Temperature	56
5.2.1	2 m temperature	56
5.2.2	Soil temperature	58
5.3	Water fluxes	61
5.4	Precipitation	65
5.5	Snow	67
5.6	Water table depth	69
6	Short-term analysis of model result	73
6.1	Energy fluxes	73
6.2	Water fluxes	76

7	Analysis of discharge simulations	83
7.1	Discharge simulation based on ERA-Interim forcing	83
7.2	Comparison between ERA-Interim and COSMO forcing	88
8	Conclusion and outlook	91
8.1	Conclusion	91
8.2	Outlook	93
A	Appendix	96
A.1	Variation of leaf area index	97
A.2	Energy fluxes in 2008	98
A.3	Water budget in 2008	110
A.4	Energy fluxes in July 2013	111
A.5	Water budget in July 2013	112
	Bibliography	113
	List of figures	118
	List of tables	119