

Katabatic wind over Greenland

Comparison between model results and observations

Doctoral Thesis

Author(s):

Niederbäumer, Gunthard

Publication date:

1999

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-002094852>

Rights / license:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#)

Diss. ETH No. 13050

**KATABATIC WIND OVER GREENLAND:
Comparison between model results and observations**

A dissertation submitted to the

Swiss Federal Institute of Technology, Zürich

for the degree of Doctor of Natural Sciences

presented by

Gunthard Niederbäumer

dipl. Natw. ETH

born June 10, 1962

citizen of Kreuzlingen, TG Switzerland
and Cagnano Varano, FG Italy

accepted on the recommendation of
Prof. Dr. Atsumu Ohmura, examiner
Prof. Ph. D. Thomas Parish, co-examiner
Prof. Ph. D. Roger Barry, co-examiner
PD. Dr. Heinz Blatter, co-examiner
Dr. Pierluigi Calanca, co-examiner

Zürich, 1999

Abstract

The aim of this study is to develop a mesoscale model which is able to simulate the katabatic wind for the entire Greenland ice sheet for any season of the year. The performance of the model will be validated with measured data.

The Institute of Geography, ETH Zurich carried out a scientific expedition during the summer seasons 1990 and 1991 on the west slope of Greenland. In this area of Greenland the katabatic wind is usually present. Part of this project was to investigate the mechanism of the katabatic wind with continuous measurement of wind speed and wind direction within the surface layer. Twice a day weather balloons measured the wind profile of the entire troposphere. After the two summer seasons an automatic weather station was installed. This station has been continuously measuring the temperature, wind speed, and wind direction from September 1991 until today. In the meantime more automatic weather stations have been installed in different places on the Greenland ice sheet. For the present work measurements from four different stations have been used, with the ETH/CU-Camp on the west slope of the ice sheet, Humboldt on the north-west slope, Tunu on the north-east slope of Greenland, and GISP2 near the summit. The first three stations are situated within the katabatic wind regime while the last station is not influenced by the katabatic wind.

First, a model developed at the University of Wyoming, which had been tested for the katabatic wind in the Antarctic, mainly for winter situation, has been transformed to the situation in Greenland. It was mainly the topography and the Coriolis term which had to be adapted. Despite the fact that Greenland has a different position in respect to the pole than Antarctica, the transformation of the model was successful. A comparison between measurements and model results for all three stations on the slope correspond well in respect to wind speed, wind direction, and temperature. Near the summit the difference between measurements and model results is larger, especially for the wind speed. This, however, is not surprising since in this area the influence of synoptic phenomena becomes important. These phenomena have not been treated in this model.

In a second step, the model was extended to simulate the katabatic wind for summer conditions. Due to the large influence of the solar radiation in summer, all energy terms had to be modified. The parameterization of the energy terms was determined by measurements from the ETH/CU-Camp. The albedo turned out to be the critical parameter for the short wave radiation. Accurate values for the albedo made it possible to have better simulations of the short wave radiation. For the long wave radiation melting or freezing processes on the snow surface are important. Another significant factor is the humidity of the air and thus the clouds. All these factors have been treated in a very simplified manner in the present model. This leads to differences between the measured and modelled results for long wave radiation and for temperature. For the turbulent fluxes the difference between model and measurements comes mainly from the limited information on the surface roughness length.

Despite all the simplifications the model is able to perform a satisfactory simulation of the katabatic wind for winter and for summer conditions. Especially the model wind direction

corresponds very well with observed values, while the wind speed is less well simulated. The energy terms are well enough parameterized to enable the simulation of the katabatic wind for Greenland in summer and winter and on any place on the ice sheet.

Zusammenfassung

Das Ziel dieser Arbeit ist es, ein mesoskaliges Klimamodell zu erstellen, welches in der Lage ist, den katabatischen Wind über ganz Grönland zu simulieren und dies für jede Jahreszeit. Die Qualität des Modells soll an Hand von gemessenen Daten beurteilt werden.

Im Sommer 1990 und 1991 führte das Geographische Institut der ETH Zürich eine Messkampagne auf dem westlichen Hang des grönländischen Eisschildes durch. In diesem Teil von Grönland ist das Phänomen des katabatischen Windes gut ausgeprägt. Um die Mechanismen des katabatischen Windes zu untersuchen, wurde als Teil dieses Projektes der Wind in der bodennahen Schicht kontinuierlich gemessen. Zusätzlich wurde zweimal täglich mit einem Radiosondenaufstieg das Windprofil der gesamten Troposphäre gemessen. Im Anschluss an diese Messkampagne wurde am Standort des ETH/CU-Camps eine automatische Messstation eingerichtet, welche seither Temperatur, Windgeschwindigkeit und Windrichtung misst. In der Zwischenzeit wurden auch an verschiedenen Stellen des grönländischen Eisschildes weitere automatische Messstationen eingerichtet. Für die vorliegende Arbeit wurden Daten von vier Stationen verwendet. Diese sind das ETH/CU-Camp am westlichen Hang des Eisschildes, Humboldt am nord-westlichen Hang, Tunu am nord-östlichen Hang und GISP2 im Zentrum von Grönland. Die ersten drei Stationen liegen alle in ausgeprägten katabatischen Windregimen, während die vierte Station nicht durch den katabatischen Wind geprägt ist.

In einem ersten Schritt wurde ein bestehendes Modell von der University of Wyoming, welches für Wintersimulation des katabatischen Windes in der Antarktis entwickelt wurde, so geändert, dass es für die Wintersimulation in Grönland funktioniert. Es waren vor allem die Topographie und die Corioliskraft welche angepasst werden mussten. Trotz der unterschiedlichen Lage der beiden Eisschilder in Bezug zum Pol war die Transformation erfolgreich. Der Vergleich mit den Messwerten an allen drei Stationen, welche im katabatischen Windregime liegen, ergaben eine gute Übereinstimmung bezüglich Windgeschwindigkeit, Windrichtung und Temperatur. Im Bereich von Zentralgrönland ist vor allem die Übereinstimmung der Windgeschwindigkeit weniger gut, was aber weiter nicht erstaunlich ist, da in diesem Gebiet synoptische Einflüsse den Wind bestimmen. Diese wurden im Modell nicht mit berücksichtigt.

In einem zweiten Schritt wurde das Modell erweitert, so dass es auch für eine Simulation mit sommerlichen Bedingungen verwendet werden kann. Dies führte zu einer kompletten Überarbeitung der Energieterme, da der Einfluss der Sonnenstrahlung zu einem wichtigen Faktor wird. Die Parameterisierung der Energieterme wurde an Hand von Messungen am ETH/CU-Camp bestimmt. Es zeigte sich, dass bei der kurzwelligen Strahlung beim Vorliegen von genauen Werten für die Albedo eine sehr genaue Übereinstimmung zwischen Modell und Messungen besteht. Bei der langwelligen Strahlung sind die Prozesse an der Schneeoberfläche, vor allem das Schmelzen und Gefrieren des Schnees und der Grad der Bewölkung, von grosser Bedeutung. Die sehr einfache Parameterisierung der Schmelzprozesse und die Vernachlässigung der Wolken führen zu einer Differenz der langwelligen Strahlung gegenüber den gemessenen Resultaten. Diese Differenz ist auch im Vergleich der Temperatur ersichtlich. Bei den turbulenten Flüssen sind die Unterschiede zwischen Messung und Modell vor allem auf beschränkte Angaben zur Oberflächenrauigkeit

zurückzuführen. Trotz gewisser Vereinfachungen im Modell führt die Simulation für eine Situation, welche den Bedingungen im Juli entspricht, zu recht guten Resultaten, vor allem für die Windrichtung und etwas weniger gut für die Windgeschwindigkeit. Das Muster des Windfeldes entspricht auf jeden Fall den Beobachtungen.