ETH zürich

ETH Library

On the thermal regime of Arctic glaciers

Doctoral Thesis

Author(s):
Blatter, Heinz

Publication date:
1984

Permanent link:
https://doi.org/https://doi.org/10.3929/ethz-a-000344492

Rights / license:
In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

Originally published in:
Axel Heiberg Island research reports. Glaciology 6(Orig.Diss.)

This page was generated automatically upon download from the ETH Zurich Research Collection.
For more information, please consult the Terms of use.

Diss. ETH No 7596

ON THE THERMAL REGIME OF ARCTIC GLACIERS

A study of the White Glacier, Axel Heiberg Island and the Laika Glacier, Coburg Island, Canadian Arctic Archipelago

A dissertation submitted to the

SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZURICH

for the degree of
Doctor of Natural Sciences

presented by

HEINZ BLATTER
dipl. phys. ETH
born October 14th 1946
citizen of Oberegg (AI)

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. D. Vischer, examiner
Prof. Dr. A. Ohmura, co-examiner

1984

Summary

1. The data

Glaciological and climatological data were collected by members of the Axel Heiberg Island Expedition from 1959 to 1981 for the White Glacier and by members of the North Water Project from 1973 to 1979 for the Laika Glacier. Englacial temperatures were measured by the late Prof. Dr. F. Müller from 1960 to 1965 in some shallow depth (10 to 30 m) profiles. Since 1974, an open system hot water ice drill has made it possible to drill holes as deep as 380 m in a few hours. In the years from 1974 to 1981, a total of 32 holes on the White Glacier and 5 holes on the Laika Glacier were drilled, some of them close to the bedrock, and the vertical temperature profiles were measured.

2. The model calculations

Two different numerical programs were used for the model calculations. The SDRIVE program solves a system of ordinary linear differential equations and was used for a one-dimensional model. The model can handle either a non-stationary boundary condition or a non-linear equation, taking temperature dependent parameters into account. The ELLPACK program solves linear elliptic differential equations for a given two-dimensional area for stationary boundary conditions. Model calculations for the ablation zone of glaciers gave poor results and the applicability of the programs remains limited to the accumulation zone, where the ice moves more slowly and the bottom ice is cold and frozen to the bedrock.

An extended temperature minimum at a depth of 100 to 150 m below the ice surface in the accumulation zone of the White Glacier can be interpreted as a remnant of the climatic warming trend in this century. The horizontal advection is shown to play a minor role for the occurrence of the minimum.

The ELLPACK program was also used to interpolate the stationary englacial temperature distribution in the accumulation zone of the Laika Glacier by using the measured values for the boundary condition and the geometry of the glacier.

Zusammenfassung

1. Die Daten

Glaziologische und klimatologische Untersuchungen wurden von Mitgliedern der Axel Heiberg Island Expedition von 1959 bis 1981 für den White Glacier und von Mitgliedern des North Water Project von 1973 bis 1979 für den Laika Glacier durchgeführt. Die ersten Eistemperaturen wurden zwischen 1960 und 1965 vom verstorbenen Prof. Dr. F. Müller in Löchern von 10 bis 30 m Tiefe gemessen. Seit 1974 ermöglichte ein Heisswasser Eisbohrer mit offenem Kreislauf Löcher bis 3800 m Tiefe abzuteufen. In den Jahren von 1974 bis 1981 wurden damit 32 Löcher auf dem White Glacier und 5 Löcher auf dem Laika Glacier gebohrt, zum Teil bis zum Felsbett, und die vertikalen Temperaturprofile gemessen.

2. Die Modellrechnungen

Zwei numerische Programme wurden für die Modellrechnungen benützt. Das SDRIVE Programm löst ein System von gewöhnlichen Differentialgleichungen und kann für ein eindimensionales Modell entweder nicht-stationäre Randbedingungen oder nicht-lineare Gleichungen mit temperaturabhängigen Parametern behandeln. Das ELLPACK Programm löst lineare elliptische Differentialgleichungen für gegebene zweidimensionale Gebiete mit stationären Randbedingungen. Modellrechnungen für Ablationszonen von Gletschern ergaben schlechte Resultate und die Anwendbarkeit der Programme ist auf die Akkumulationszone beschränkt, wo die Eisgeschwindigkeiten klein sind und das Eis am Gletscherbett angefroren ist.

Eindimensionale Modelle zeigen, dass die Wärmeleitungszahl konstant gewählt werden kann und die Deformationswärme so behandelt werden kann, als ob sie nur am Gletscherbett freigesetzt würde, ohne dass die Genauigkeit der Rechnung innerhalb der realistisch erreichbaren Grenze leidet.

Ein ausgedehntes Temperaturminimum in einer Tiefe von 100 bis 150 m unter der Gletscheroberfläche im Akkumulationsgebiet des White Glacier kann als Folge der klimatischen Erwärmung in diesem Jahrhundert interpretiert werden. Die horizontale Advektion kann nur einen unbedeutenden Teil des Minimums erklären.
Das ELLPACK Programm wurde auch verwendet, um die Eistemperaturen im obersten Teil des Laika Glacier zu interpolieren. Gemessene Werte für die Randbedingungen und die Geometrie wurden dabei verwendet, um eine stationäre Temperaturverteilung im Innern des Gletschers zu berechnen.