

# Dänische glaziologische Untersuchungen im Internationalen Geophysikalischen Jahr

Von Børge Fristrup, Kopenhagen \*)

**Zusammenfassung:** Es wird über die Beobachtungs-Ergebnisse an 4 typischen grönländischen Gletscherstationen berichtet, deren physisches Verhältnis in Bezug auf Klima und den Terrainformen im Vordergrund der Untersuchungen standen. Es wurde festgestellt, daß alle von Ahlmann aufgestellten Gletschertypen in Grönland zu finden sind.

\*

**Danish glaciological researches during the I.G.Y.** This is a report on the observation results at 4 typical Greenland glacial stations. The main emphasis of the researches was laid on their physical conditions with regard to the climate and the forms of the ground. It has been ascertained that all the types of glaciers laid down by Ahlmann are to be found in Greenland.

\*

Bei der großen meridionalen Ausdehnung Grönlands und bei den sehr verschiedenen Stromverhältnissen entlang der Ost- und Westküste ist es natürlich, daß es große Unterschiede in dem Klima der verschiedenen Teile Grönlands gibt. Die Temperaturverhältnisse variieren von dem subarktischen in Südgrönland bis zum hocharktischen in Nordgrönland.

Daher finden wir in Grönland eine lange Reihe sehr verschiedener Gletschertypen, verschieden nicht allein in ihrem topographischen Charakter, sondern auch in ihrem Ablations- und Akkumulationshaushalt sowie in ihrem physischen Charakter. Grönland ist deshalb als Studiengebiet für glaziologische Untersuchungen besonders geeignet, weil die geographischen Verhältnisse schon innerhalb kleinerer Entfernungen sehr verschieden sind.

In seiner Übersicht über die Resultate der glaziologischen Untersuchungen im nordatlantischen Gebiet hat Hans Wison Ahlmann (1948) verschiedene klimatisch bedingte Gletschertypen definiert. Er unterscheidet zwischen drei Typen:

1. Der temperierte Gletscher,
2. Der polare Gletscher; dieser Typ kann wieder in zwei andere geteilt werden:
  - a. Der hochpolare Gletscher,
  - b. Der subpolare Gletscher.

Als Beitrag zum Internationalen Geophysikalischen Jahr wurde vom Geographischen Institut der Universität Kopenhagen mit Unterstützung der führenden dänischen Fonds — des Carlsberg Fond, des Rask-Ørsted Fond und des Ministeriums für Grönland — eine Reihe von Untersuchungen an speziell ausgewählten Gletschern durchgeführt. Es wurde festgestellt, daß alle von Ahlmann aufgestellten Gletschertypen in Grönland zu finden sind.

Der Hauptzweck der von mir geleiteten Untersuchungen war, eine Reihe von Gletschern und ihr physisches Verhältnis in Relation zum Klima und den Terrainformen zu untersuchen. Die Aufgabe bestand darin, mehrere Stationen auf den ausgewählten Gletschern zu errichten und dort die glazial-meteorologischen Verhältnisse zu studieren.

Es ist dieser Versammlung bekannt, daß in den Jahren 1920/30 die Arktis und ganz besonders die Randgebiete des nördlichen Teils des Atlantischen Ozeans einen sehr bedeutenden Temperaturanstieg erfuhren, der in mehrfacher Hinsicht die Naturverhältnisse und die Lebensbedingungen dieses Gebietes geändert hat. Meteorologische Beobachtungen sind von Grönland nur für die letzten fünfzig bis achtzig Jahre vorhanden, und das Studium der Klimaschwankungen muß deshalb in indirekter Weise durchgeführt werden. Die Gletscher eignen sich gut für die Registrierung der Klimaschwankungen; sie sind eine Art Klimatoskope, die man bei den Klimastudien benutzen kann. Die meisten grönländischen Gletscher sind im Augenblick im Rückgang. Es gibt nur wenige, die nicht zurückgehen und sich im Gegenteil ausbreiten und wachsen.

Die Frage nach den Klimaschwankungen in Grönland ist ein zentrales Problem nicht nur für die allgemeine Glaziologie, sondern auch besonders für das praktische Wirtschaftsleben Grönlands. Die dänischen glaziologi-

\*) Prof. Dr. Børge Fristrup, Universitetets Geografiske Institut, Kejsergade 2, København-K

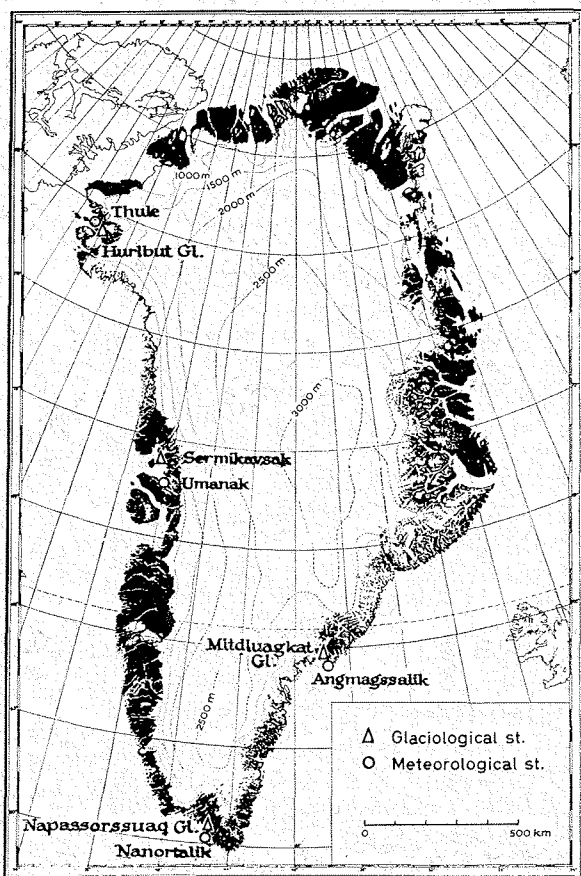


Fig. 1

schen Untersuchungen waren deshalb besonders auf die Gletscherschwankungen in Relation zu Klimaschwankungen und auf den Einfluß der verschiedenen Klimafaktoren gerichtet. Die heutige Gletscherfront wurde deshalb vermessen und kartiert. Diese neuen Karten können als Grundlage für Studien über die zukünftigen Gletscherschwankungen dienen. Untersuchungen über alte Moränen und altes photographisches Material ließen die Schwankungen im Laufe der letzten 50 bis 200 Jahren erkennen.

Vier Gletscherstationen wurden errichtet. (Fig. 1) Die vier Stationen sind:

Hurlbut Gletscher Napassorsuaq Gletscher Sermikavsak und Mitdluagkat Gletscher.

Die Gletscher sind so ausgewählt, daß sie die verschiedenen grönländischen Klimagebiete repräsentieren. Dazu kommt, daß

alle Stationen an Gletschern liegen, die eine ziemlich einfache Form haben; Gletscher mit vielen Gletscherzungen konnten nicht genommen werden, da die Berechnungen der Akkumulation und Ablation dann zu kompliziert würden. Deshalb konnte man auch nicht Gletscher nehmen, die im Meere kalben und Eisberge produzieren. Vor allen Dingen sollten die Gletscher typisch sein für die Region, nicht nur morphologisch, sondern auch, was die durchschnittliche Größe, Lage zur dominierenden Windrichtung, Sonnenstrahlung und Niederschläge betrifft. Wegen der Transportprobleme mußten alle Gletscher nahe der Küste liegen. Mit Ausnahme der nördlichen Station wurde alles Material mit Kutter transportiert; die nördliche Station wurde mit Hundeschlitten versorgt. Da viele Teilnehmer wenig Erfahrung auf grönländischen Gletschern hatten, mußten die Gletscher so ungefährlich wie möglich sein.

Der morphologische Typ und das Klima der verschiedenen Gletscher geht aus Tabelle 1 hervor.

Bei allen Gletscherstationen wurde eine ganze Reihe von Routinemessungen durchgeführt. Die Ablation wurde an Stangen gemessen, und alle Resultate sind in cm Wasser angegeben mit Bezug auf die Umrechnung zum gefundenen durchschnittlichen spezifischen Gewicht. Eine vollständige meteorologische Station wurde eingerichtet, synoptische Beobachtungen wurden jede 3. Stunde ausgeführt. Die Temperatur im Eis wurde mit elektrischen Widerstandsthermometern gemessen.

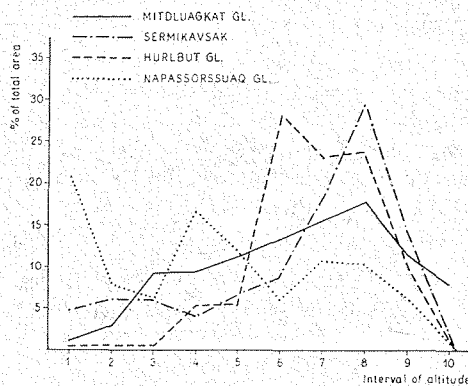


Fig. 2

Tabelle 1 — Stationen und Gletscher-Typen

Koordinaten der Basis Lager:			Areal:	Gletscher Typ:
Hurlbut Gletscher	77° 28' 30" N,	67° 57' W	188,0 km <sup>2</sup>	Gletscher Cap
Sermikavsak	71° 11' "	59° 03' "	21,6 "	Tal Gletscher
Napassorsuaq Gl.	60° 18' "	45° 13' "	2,1 "	Tal Gletscher
Mitdluagkat Gl.	65° 40' 40' "	37° 54' "	36,4 "	Transection Gletscher

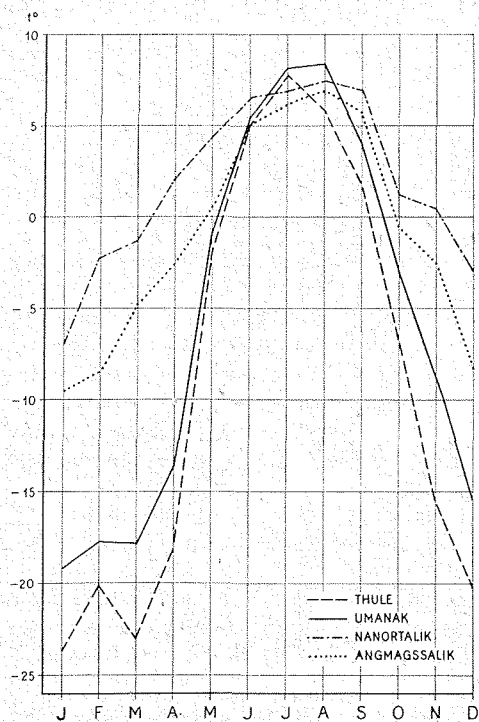


Fig. 3

Die Front wurde in üblicher geodätischer Weise kartiert, auf zwei Stationen wandte man außerdem Verfahren der terrestrischen Fotogrammetrie an.

Wie aus Tabelle 1 und Fig. 2 hervorgeht, sind die zwei südlichsten Stationen Talgletscher gemäß der von Ahlmann aufgestellten Definition. Man sieht jedoch auch, daß die südlichste Station Napassorsuaq nicht ganz in das System hineinpaßt, sondern mehr zu einem Piedmontgletscher hinneigt. Ohne Zweifel ist er jedoch ein normaler Talgletscher grönländischen Typs. Der verhältnismäßig große, untere Teil des Gletschers hat im Augenblick Todeis-Charakter. Ich habe vorgeschlagen, diese Verteilungskurve der Höhenintervalle Talgletscher grönländischen Typs zu nennen.

Für Nordgrönland und speziell für das nördlichste Grönland — mit Ausnahme des Teiles, der gefaltet wurde — ist die Eiskappe und der Hochlandsgletscher die typische Gletscherform, und die nordgrönländische Station mußte auf einen Gletscher dieses Typs angelegt werden. Die Station wurde deshalb im Thule-Distrikt auf dem Hurlbut Gletscher errichtet.

Der ostgrönländische Gletscher ist ein Transection Gletscher — typisch für das stark vereiste Ostgrönland. Eine Fortsetzung der Vermessungen auf dem Freja Gletscher, der früher von Ahlmann untersucht wurde, mußte aus Zeitmangel aufgegeben werden.

Fig. 3 zeigt die Temperatur und Fig. 4 die Niederschlagsvariation der vier Stationen, jedoch nicht die auf dem Gletscher gefundenen Werte, sondern, um die Variation des

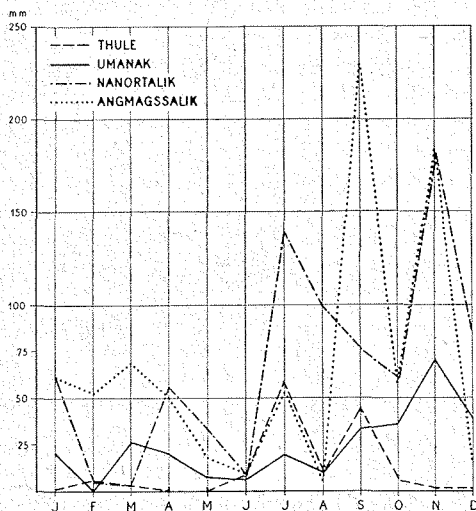


Fig. 4

ganzen Jahres zu bekommen, ist die nächste permanente meteorologische Station benutzt. Man sieht daß sowohl Temperatur wie Niederschlag der vier Stationen sehr verschieden sind. Der jährliche Niederschlag der nordgrönländischen Stationen, speziell Thule, ist

sehr gering, während speziell Angmagssalik und Nanortalik (Napassorsuaq) einen sehr beachtlichen Niederschlag haben, speziell ist Napassorsuaq durch einen sehr hohen Sommerniederschlag charakterisiert. Ferner geht hervor, daß die durchschnittliche Sommertemperatur der vier Stationen nicht sehr verschieden ist, und daß die nordgrönländischen Stationen in Wirklichkeit eine etwas höhere Durchschnittstemperatur im wärmsten Monat haben, eine Feststellung, die auch bei meinen Untersuchungen im Pearyland 1947-1949 bestätigt ist (Fristrup 1952). Dagegen ist die Ablationsperiode wesentlich kürzer in Nordgrönland als in Südgrönland, wie auch die Wintertemperatur sehr verschieden ist; sie liegt in Nordgrönland 10—20° niedriger als bei Napassorsuaq.

Der *Napassorsuaq Gletscher* liegt auf der Sermersq Insel. Die Berge auf dieser Insel sind 1000 m hoch und sehr zerrissen mit spitzen Gipfeln. Die jährliche Schneekummulation ist sehr groß. Der Gletscher ist 3 km lang, und 500 bis 900 m breit; die Gletscherfront liegt an einem kleinen See, 495 m über dem Meer, mit beinahe vertikaler 15—20 m hoher Eiswand. Das Ablationsgebiet ist lang und wohl entwickelt, das Firngebiet sehr klein. Die Ablation ist sehr kräftig, und die Ablationsperiode ist von langer Dauer. Die Temperaturverhältnisse lassen diesen Gletscher als temperierten Gletschertyp erkennen. Wie in Island muß der große Gletscherreichtum in Südgrönland als Resultat der großen Niederschlagsmenge, namentlich im Herbst in Verbindung mit dem kühlen und besonders feuchten Sommer, angesehen werden. Die Gletscher in Südgrönland sind als typisch temperiert anzusehen und gehören zu derselben geophysikalischen Gruppe wie die isländischen.

Der Napassorsuaq Gletscher wurde zum ersten Male 1894 photographiert. Die Gletscherfront hat sich seit der Zeit um 350 m zurückgezogen, davon 100 m im Laufe der letzten fünf Jahre, das ist ein Rückgang von 20—30 m pro Jahr. Die Rückbewegung ist nicht ganz regelmäßig; gleichzeitig ist die Dicke des Gletschers kleiner geworden.

*Sermikavsak* repräsentiert die große westgrönländische Region, ein Gebiet, das bezüglich der Gletschertypen nicht ganz ein-

heitlich ist. In der Disko-Bucht treffen wir sehr gut entwickelte Nischegletscher, besonders im Basaltgebiet, aber auch typische Talgletscher, die häufig sehr lang und steil sind.

Sermikavsak ist der südlichste der drei oder vier Gletscher auf der Upernivik Insel, nicht zu verwechseln mit der Upernivik Siedlung in der Melville-Bucht. Der Gletscher füllt ein beinahe 20 km langes Tal aus. Dieses Tal liegt an der Grenze zwischen dem westgrönländischen Mesozoikum und der nordgrönländischen Gneissformation. Die Grenze geht durch den Untergrund des Gletschers und verursacht einen ganz großartigen Eisfall mit Seracs.

Das Firngebiet liegt 1000 m über dem Meer und ist von 2000 m hohen Bergen umgeben. Von diesem Firn geht eine 15 km lange Gletscherzunge aus, die rund 1 km breit ist. Die Berge sind sehr steil, und große Schneemengen stürzen als Lawinen von den Bergen auf den Gletscher. Man bekommt hier einen teilweise von Lawinen genährten Gletschertyp, wie er im Himalaya-Gebiet beschrieben ist. Dieser lawinengenährte Typ ist in Grönland selten. Lawinen sind überhaupt selten in Grönland, da der Schnee zu trocken und zu kalt ist. Mit der niedrigen Temperatur sind die Schneekristalle sehr klein und Eisnadeln häufig. In Nordgrönland, wo ich überwintert habe und sehr viel gereist bin, habe ich niemals eine typische Lawine gesehen, und auch in den meisten anderen Gegenden sind die Lawinen selten, aber nicht hier im Umanak Gebiet. Im Kangerdlugssuaq Gebiet und auf der Upernivik Insel gibt es so steile Gletscher, daß die Lawinen auch vom oberen Teil der Gletscher auf die Gletscherzungen herabfallen, so daß sich hier große Schnee- und Eiskegel bilden. Auch im südlichsten Grönland gibt es einige Gebiete, wo Lawinen häufig sind.

Die niedrigen Teile der Gletscherzungen sind sehr flach und teilweise von heruntergestürztem Material bedeckt. Die Steine sind scharfkantig, da sie auf dem Gletscher transportiert sind und nicht im Eis.

Untersuchungen über die periglazialen Phänomene wurden ausgeführt, die ganze Glazialmorphologie studiert und eine Karte darüber gezeichnet, die mit einer Beschreibung von Tyge Møller (1959) publiziert ist.

Nicht nur die gewöhnlichen routinemäßigen Beobachtungen klimatologischer Art wurden hier vorgenommen, sondern auch eine Reihe von Spezialstudien über die Wind- und Temperaturprofile des Eises. Die Profile wurden durch einen 12–15 m hohen Mast ermöglicht. Gleichzeitige Messungen wurden an vier Stellen in verschiedenen Höhen gemacht. Die Resultate sind von Hans Kuhlman (1959) publiziert. Das Klima des Gebietes ist im Sommer strahlungsbedingt, 61 Prozent der Beobachtungen zeigten Strahlungswetter mit hohem fast wolkenfreiem Himmel und Windstille, 18 % zeigten Bewölkung, und typisches Föhnwetter wurde zu 7 % festgestellt. Auf dem Gletscher wurde eine Abwindströmung in der Nähe der Eisoberfläche registriert; dieser katabatische Wind wurde in 78 % der Observationsperiode gefunden. Fast 80 % der ganzen Ablation war durch Einstrahlung bedingt.

Unsere Moränenstudien zeigen die Wichtigkeit der Sonnenexposition. Wie gewöhnlich in diesem Gebiet besteht die Moräne nur aus einer ganz dünnen Stein- und Ton-Schicht, die das Eis bedeckt, und besonders an der Nordseite ist dieses Grundeis sehr mächtig.

Der Gletscher geht etwa 34–38 m pro Jahr zurück. Von 1934 bis 1953 ist die Gletscherfront 600–700 m und von 1953 bis 1957 ungefähr 150 m zurückgewichen.

Der *Hurlbut Gletscher* trägt die nördlichste Station. Der zentrale Teil des Gletschers ist eine Eiskappe, und nur eine kleine Zunge erstreckt sich zum Meer hinunter zum Inglefield Fjord. Diese Zunge hat für die ganze Ablation nur wenig Bedeutung. Die Gletscherfront ist vertikal und steht am Ufer, schwimmende Eisberge werden nicht produziert, aber bei Hochwasser liegen die tiefsten Teile der Front unter dem Wasser.

Das Firngebiet ist gering und fehlt auch gelegentlich ganz. Die Ernährung des Gletschers ist vom selben Typ wie es vom Barnes Ice Cap beschrieben ist, besteht also aus „superimposed ice“ (aufgefrorenes Eis), das durch Gefrieren von nassem Schnee und Schmelzwasser gebildet ist (Fig. 5). Diese Produktion von aufgefrorenem Eis ist von allergrößter Bedeutung für den Eishaushalt der polaren Gletscher. In Grönland, Elles-

mere Land und Baffin Land sind Gletscher, die in Gleichgewicht sind häufig, wenn sie auch unter der Firngrenze liegen. Der Heilprin-Gletscher gehört zu diesem Typ.

„Superimposed ice“ wurde zum ersten Mal von V. Schytt nachgewiesen (1949) und hat sich später als sehr bedeutend für arktische und subarktische Gletscher erwiesen. Besonders Baird (1952), Fristrup (1960) und Schytt (1949, 1955) haben seine Bedeutung hervorgehoben.

Was die temperierten Gletscher anbelangt, speziell die Alpengletscher, so wird der jährliche Niederschlag im Mittel in fester Form der Ablation (Verdampfung + Abschmelzung + Produktion von Eisbergen) gleich sein. Dieses gilt jedoch nicht für grönländische Gletscher. Selbst unter der Firnlinie ist eine bedeutende Überschussakkumulation vorhanden, weil in dem untersten Teil des Schnees eine Auflagerung von aufgefrorenem Eis durch Gefrieren von Schmelzwasser und nassem Schnee in Berührung mit der unterliegenden kalten Eismasse geschieht. Auch oben im Firn kann man Linsen von

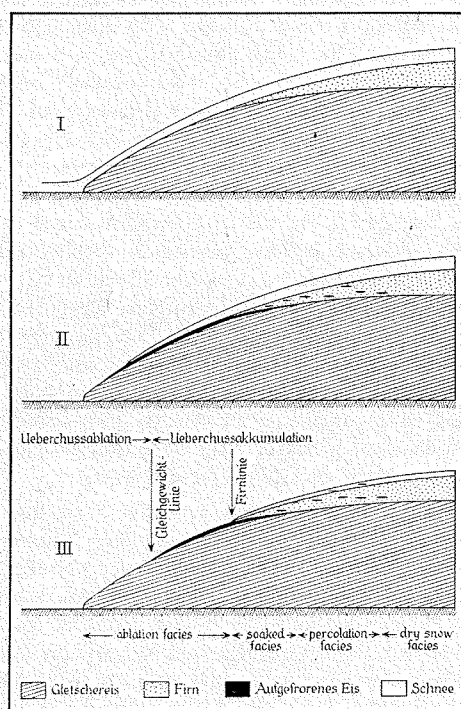


Fig. 5  
I Anfang II Mitte, III Ende  
der Ablationsperiode

Eis beobachten, die von dem herunter-sickernden Schmelzwasser gebildet sind. Dies gilt auch auf dem grönländischen Inlandeis, wo Carl S. Benson (1959, 1961) folgende Fazies aufgestellt hat:

1. „The ablation facies“ unter der Firnlinie
2. „The soaked facies“, wo der Schnee vom Schmelzwasser durchfeuchtet wird
3. „The percolation facies“, wo nur einzelne Teile des Firns vom Schmelzwasser durchfeuchtet werden
4. „The dry snow facies“ im oberen Teil des Firn, wo kein Schmelzwasser herunter-sickert.

Die von uns untersuchten Gletscher liegen alle in Bensons ablation und soaked facies, während die dry snow facies nur die zentralen Teile des Inlandeises und einzelne der sehr großen Eiskappen außerhalb des Inlandeises umfaßt. Da die Firnlinie somit keine Gleichgewichtslinie zwischen Überschuß- und Verlustakkumulation bezeichnet, habe ich die Firnlinie als die untere Begrenzung des Firngebietes bezeichnet, das heißt, die Linie zwischen den Gebieten, wo Firn gebildet wird und wo kein Firn gebildet wird. Die Gleichgewichtslinie zwischen Überschuß- und Verlustakkumulation habe ich als Equilibriumlinie oder Gleichgewichtslinie bezeichnet. Sie liegt in Grönland mehrere hundert Meter unter der Firnlinie. Speziell in Nordgrönland gibt es viele vom Barnes Ice Cap Typ, die in Gleichgewicht sind, wenn es auch keine eigentlichen Firngebiete gibt. So gehören sowohl der Hurlbut Gletscher wie der auf der Dänischen Pearyland Expedition untersuchte Chr. Erichsen Brae auf Heilprinland zu diesem Typ, und auch der Mitdluagkat Gletscher im Angmagssalik-Gebiet muß teils zu diesem Typ gerechnet werden, wenn er auch augenblicklich bei weitem nicht in Gleichgewicht ist.

Während der südgrönländische Gletscherreichtum vor allem von dem großen Niederschlagsreichtum herrührt, ist der Niederschlag in Nordgrönland gering. Wenn auch die Küstenstrecken des Thuledistriktes nach hocharktischen Verhältnissen relativ niederschlagsreich sind, so ist der gesamte jährliche Niederschlag jedoch gering, und die Ursache der Gletscherbildung ist hier deshalb vorzugsweise in der niedrigen Wintertempera-

tur zu suchen (die Jahres-Mitteltemperatur für Thule ist  $-11^{\circ}$ ) in Verbindung mit der kurzen Ablationsperiode.

Untersuchungen über die Moränensysteme, die teilweise von Solifluktion zerstört sind, zeigen, daß der Hurlbut Gletscher früher eine größere Ausbreitung gehabt hat. Auf dem Plateau gibt es keine Moränensysteme, und das ist typisch für die meisten nordgrönländischen Gletscher. Das Erosionsvermögen und die Transportkapazität dieser Hochlandgletscher sind sehr gering und können unter keiner Bedingung mit den Alpengletschern verglichen werden. Die Eisdicke des oberen Gletschers beträgt nur wenige hundert Meter. Die alten lateralen Moränensysteme zeigen, daß die Zunge gegen den Inglefield-Fjord früher dieselbe Form gehabt hat wie ein typischer zungenförmiger Gletscher. Dieser Typ ist heute ziemlich verbreitet, aber zweifellos hat er früher eine viel größere Verbreitung gehabt und war einmal typisch für ganz Nordgrönland. Dieser zungenförmige Gletscher, den wir heute finden, ist ein Relikt aus einer Zeit, in der das Klima kälter oder schneereicher war.

Ein Rückzug der Gletscherfront geht aus alten Photographien hervor, aber dieses Zurückweichen ist sehr klein; viel mehr typisch ist eine Verengung des unteren Teils des Gletschers. Er wurde 1939 von dem dänischen Doktor Aage Gilberg photographiert, und es geht aus seinem Bild hervor, daß sich die lateralen Teile der Gletscherzunge vermindert haben. Der totale Rückgang ist wahrscheinlich weniger als 5 m pro Jahr.

Als Vertreter des niederschlagsreichen ostgrönländischen Klimas hat man den *Mitdluagkat Gletscher* auf der Angmagssalik-Insel gewählt. Er ist ein typischer Translations-Gletscher, besitzt eine recht unregelmäßige Form und umgibt das 973 m hohe Mitdluagkat-Fjeld, von dem der Gletscher seinen Namen bekommen hat. Der Gletscher wird im Westen nach dem Sermilik Fjord entwässert, eine einzelne Zunge reicht fast bis an die Küste herunter und endet nur 4,1 m über dem Meer. Der obere Teil des Gletschers ist teilweise aus aufgefrorenem Eis aufgebaut und besitzt nur ein unbedeutendes Firngebiet. Während der jetzigen Klimaverhältnisse wurde ein starker Rückgang

konstatiert, und neue Nunatake sind in der Gletscherzunge erschienen. Der Gletscher wurde zum ersten Mal 1933 von K. Milthers untersucht; hierbei wurde eine Reihe von Photographien der Gletscherfront aufgenommen. Eine Wiederaufnahme 1958 von denselben Basispunkten aus zeigt ein Zurückweichen von 400—500 m und eine Senkung der Eisoberfläche von etwa 30 m.

Eine besondere Reihe von Messungen über den Abfluß wurden mit selbstregistrierenden Wasserpegeln vorgenommen. Das Profil des Flusses wurde gemessen und die Strömung bei verschiedener Wasserhöhe mit Propellerstrommesser bestimmt. Der Abfluß variiert normalerweise zwischen 2 und 4 cbm pro Sekunde. Der Abfluß ist am größten zwischen 17—18 Uhr Lokalzeit und am kleinsten zwischen 9—10 Uhr.

Ein vorläufiger Bericht ist von Hans Valeur Larsen 1959 publiziert. Normalerweise war die tägliche Variationskurve sehr gut entwickelt, aber im September bekamen wir einige ganz interessante Kurven mit großen Wassermengen, die durch die Entwässerung eines eisabgedämmten Sees bedingt waren. Diese zeigten dasselbe Bild, wie wir es von den großen isländischen Jökulhlaup kannten, wenn die Gletscher von einer plötzlichen Katastrophe betroffen werden, die häufig durch subglaziale Vulkanausbrüche ausgelöst wurden. Valeur Larsen fand so eine sehr schöne Übereinstimmung zwischen Abströmung und meteorologischen Verhältnissen. An mehreren Stellen am Gletschertrand lagen eine Reihe von solchen eisabgedämmten Seen, die im September nach einer Periode mit starkem Niederschlag entwässert wurden. Die Seen waren durchschnittlich klein mit einer Wassermenge von 400 000 bis 500 000 cbm; sie wurden vollständig geleert, und wir konstatierten hier dieselbe Kurvenform wie beim isländischen „Jökulhlaup“. Die Kurve steigt ziemlich regelmäßig, aber sehr steil an, und dann kommt ein ganz plötzlicher Fall oft bis auf Null. Wahrscheinlich steht die Zapfung in Verbindung mit einem ungewöhnlichen Regenfall, der den eisabgedämmten See so hoch mit Wasser füllt, daß das Eis anfängt zu schwimmen und das Wasser unter dem Eis wegströmt. Große Eisblöcke sperrten den

Zugang zum Gletschertor. Das Wasser war durch einen Kanal im Eis herausgeströmt. Dieser Kanal lag nicht im Grenzgebiet zwischen Untergrund und Eis, sondern im Eise. Der Eistunnel war ungefähr 25 m breit und über 10 m hoch. Die Decke wurde von einer Reihe Eissäulen gestützt. Beim Zusammenstürzen solcher Eissäulen entstehen die Calderons, die hier häufig waren. Der Boden des Tunnels war aus Eis und nur mit einer kleinen Tonschicht bedeckt. Beobachtungen vom Flugzeug aus, die ich im September 1959 gemacht habe, zeigten, daß der Gletscher jetzt wieder einen neuen eisabgedämmten See hat. Wahrscheinlich ist diese Entleerung des Sees ein regelmäßiger Vorgang. Am Rande des Inlandeises findet man an verschiedenen Stellen Eisberge hoch oben an der Bergwand; dieses sind Relikte eines ehemals eisabgedämmten Sees.

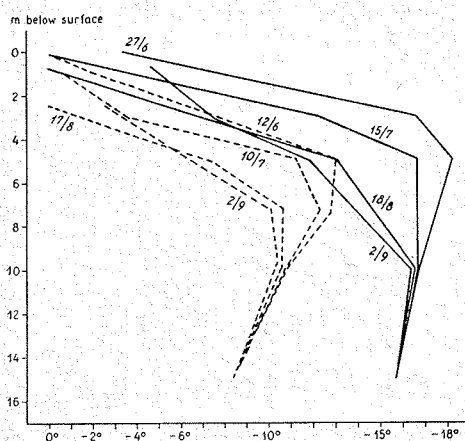


Fig. 6 Die Temperaturschwankungen während des Sommers auf zwei verschiedenen Stationen auf dem Hurlbut Gletscher. Links, die gestrichelte Linie, ist die Station im Ablationsgebiet, (230 m ü. NN). Rechts, die durchgezogene Linie, die Station auf dem höchsten Teil des Gletschers (1000 m).

Die Resultate der Temperaturmessungen gehen aus Fig. 6 hervor. Die beiden Stationen sind vom Hurlbut Gletscher; sie geben nicht nur einen Eindruck von der jährlichen Temperaturschwankung, sondern auch von der Abhängigkeit der Temperatur von der Höhe über dem Meeresspiegel. Die untere Station liegt im Ablationsgebiet der Gletscherzunge, 230 m ü. NN; die obere Station liegt im höchsten Teil des Gletschers, 1000 m über dem Meeresspiegel. Die Temperatursteigerung im Sommer setzt sich auch im Herbst

fort. Die Temperatur in 10 m Tiefe ist in 1000 m Höhe ungefähr 7° niedriger als in 230 m Höhe. Dies ergibt eine Temperaturdifferenz pro 100 m Höhendifferenz von 1° C.

Die Kurven in Fig. 7 geben die geographische Variation der Eistemperatur. Zwei Gletscher: der Mitdluagkat und der Napassorsuaq Gletscher haben eine Eistemperatur von 0° C bis 15 m Tiefe. Der Hurlbut Gletscher ist, wie aus der Kurve hervorgeht, sehr kalt mit -16°, und Sermikavsak steht in der Mitte. Man erkennt also deutlich, daß die zwei erstgenannten Gletscher temperierte Gletscher nach Ahlmanns Definition sind, so wie die Gletscher in Island und Skandinavien. Der Hurlbut Gletscher ist ein polarer, aber nicht hochpolarer Gletscher. Die temperierten Gletscher sind charakteristisch für Südgrönland. In dieser Verbindung muß ich auch daran erinnern, daß es in dieser Region keinen Permafrost gibt.

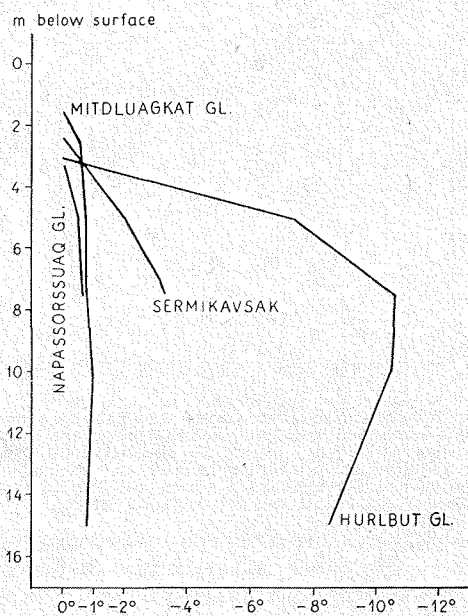


Fig. 7

Die nordgrönländischen subpolaren Gletscher sind das Resultat einer niedrigen Wintertemperatur in Verbindung mit der kurzen Ablationsperiode. Wirklich hochpolare Gletscher sind in Grönland sehr selten, und zu dieser Gruppe gehören nur die zentralen Teile des Inlandeises und vielleicht einige

größere Gletscherkappen im nördlichsten Grönland. Alle anderen sind subpolar. Der Chr. Erichsen Gletscher im Peary Land ist ein subpolarer Gletscher, der sich teilweise von superimposed ice ernährt. Es geht ferner aus britischen Untersuchungen hervor, daß auch Sukkertoppen Iskappe ein subpolarer Gletscher ist.

Da die jährlichen Temperaturschwankungen nur die obersten 10—20 m beeinflussen, ist es sicher, daß die nördlichen Gletscher sehr langsam auf Klimaschwankungen reagieren. Vom physikalischen Standpunkt aus ist es nicht wichtig, ob die Eistemperatur -7° oder -8° beträgt, aber es ist sehr wichtig, ob es sich um -1° oder 0° handelt. Deshalb reagieren die nordgrönländischen Gletscher nur langsam auf eine Klimaschwankung, die auf einen Temperaturanstieg zurückgeht. Sie sind viel mehr empfindlich gegenüber Niederschlagsschwankungen. In den letzten Jahren hat man festgestellt daß die Schneeablagerung in Nordgrönland kleiner geworden ist. (Diamond 1956)

Die sehr niedrige Eistemperatur in Nordgrönland ist wahrscheinlich die Hauptursache dafür, daß die nordgrönländischen Gletscher nur langsam reagiert haben im Vergleich zu denen in Süd- und Zentralgrönland. Wie unsere Untersuchungen ergaben, ist der jährliche Rückgang der Gletscherfront in Nordgrönland viel kleiner als in Südgrönland. Aus früheren Untersuchungen war es wohl bekannt, daß der Rückgang der Gletscher in Nordgrönland ungefähr 25—30 Jahre später anfing als der Rückgang in Südgrönland.

Dieser Vortrag konnte nur einige Themen unserer Untersuchungen bringen. Ich habe mehr versucht, die Unterschiede zwischen den vier Stationen eingehender darzulegen, als auf die Detailuntersuchungen bezüglich der einzelnen glazialmeteorologischen Faktoren einzugehen. Eine diesbezügliche Abhandlung wird zur Zeit ausgearbeitet und in Meddelelser om Grönland erscheinen. Man beabsichtigt, auf diesen Stationen in Zukunft weiterzuarbeiten. Die für die Wiedervermessung notwendigen Punkte sind durch Steinmänner markiert, deren Zentren durch Kupferbolzen in feste Klippen eingehauen sind.



#### Literatur:

- Ahlmann, Hans Wilson (1948): Glaciological Research on the North Atlantic Coasts. R. G. S. Research Series no. 1. London.
- Baird, P. D. (1932): The glaciological studies on the Baffin Island Expedition 1930. Journ. of Glaciology, II, no. 11. London.
- Benson, Carl S. (1959): Stratigraphic Studies in the Snow and Firn of the Greenland Ice Sheet, Thesis, Pasadena.
- Benson, Carl S., (1959): Physical Investigations on the Snow and Firn of Northwest Greenland 1952, 1953 and 1954. SIPRE Research Report 26.
- Benson, Carl S., (1961): Stratigraphic Studies in the Snow and Firn of the Greenland Ice Sheet. Folia Geographica Danica IX. (Im Druck).
- Diamond, Marvin (1956): Precipitation trends in Greenland during the past 30 years. SIRPE Research Report 22.
- Diamond, Marvin (1958): Air Temperatures and Precipitation on the Greenland Ice Cap. SIRE Research Report 43.
- Fristrup, B. (1949): Peary Land. Geogr. Tidsskr. 49.
- Fristrup, B. (1951): Climate and Glaciology of Peary Land. UGGI. Bruxelles.
- Fristrup, B. (1952): Die Klimaänderungen in der Arktis und ihre Bedeutung besonders für Grönland. Erdkunde VI, Bonn.
- Fristrup, B. (1960): Studies of Four Glaciers in Greenland. Geogr. Tidsskr. 59.
- Koch, Lauge (1928): Contributions to the Glaciology of North Greenland. Medd. om Grønland 65, no. 2.
- Kuhlmann, Hans (1959): Weather and Ablation Observations of Sermikavsak in Umanak District. Medd. om Grønland 185, no. 5.
- Larsen, Hans Valeur (1959): Runoff studies from the Mitdluagkat Gletscher in SE Greenland during the late summer 1958. Geogr. Tidsskr. 58.
- Møller, Jens Tyge (1959a): A West Greenland Glacier Front. A Survey of Sermikavsak near Umanak in 1957. Medd. om Grønland 158, no. 5.
- Møller, Jens Tyge (1959): Glaciers in Upernivik Ø. With special reference to the periglacial phenomena. Geogr. Tidsskr. 58.
- Schytt, V., (1949): Re-freezing of Melt-water on the Surface of Glacier Ice. Geograf. Annal. XXXI.
- Schytt, V., (1955): Glaciological Investigations in the Thule Ramp Area. SIPRE Report 28.

## Kälteanpassung bei Tieren und Menschen

Von K. Lange Andersen, Oslo \*

(Aus dem Institut für Arbeitsphysiologie, Oslo)

**Zusammenfassung:** Das Wärmeregulierungsvermögen hinsichtlich der Wärmeabgabe und Wärmeproduktion des tierischen und menschlichen Organismus wird dargelegt.

\*

**Adaption to cold of animal and human being.** The capability of heat adaption relating to heat emission and heat production of the animal and human organism is demonstrated.

\*

### Vergleichende Physiologie

Die Warmblüter haben eine Körpertemperatur, die von 36 bis 40° C schwankt und von der Größe und vom Geschlecht des Tieres abhängig ist. Das Niveau der inneren Körpertemperatur (Temperatur des Körperkerns) ist bei den einzelnen Tieren keine absolut stabile Größe, sondern weist 24-Stunden-Schwankungen von 1—4° C auf. Es ist bemerkenswert, daß das verhältnismäßig konstante Temperaturniveau von großen Veränderungen im umgebenden thermischen Milieu fast unabhängig ist. Selbst in Gebieten mit großen Klimaschwankungen vom Sommer zum Winter kommen bei den dort lebenden Tieren keine sicheren jahreszeitlichen Variationen der Körpertemperatur vor, und sowohl arktische als auch tropische Tiere gleicher Größe haben die gleiche Körperkerntemperatur.

Zur Beibehaltung dieser konstanten Temperatur des Körperinneren verfügen die homöothermen Tiere über ein Wärmeregulierungsvermögen, das einerseits auf die Wärmeabgabe des Organismus einwirkt und andererseits die Wärmeproduktion regelt.

Bei Absinken der Milieutemperatur erfolgt zuerst eine Gefäßkontraktion in der Haut und im äußeren Körpermantel. Dadurch wird das Wärmeleitungsvermögen von der inneren zur äußeren Körperschicht niedriger und der Gradient zur umgebenden Lufttemperatur kleiner mit dem Ergebnis, daß die Wärmeabgabe von der Oberfläche des Organismus herabgesetzt wird. Dieser Reaktionsmechanismus wird in der klassischen Physiologie als *physikalische* Wärmeregulierung bezeichnet.

Bei einer gewissen Außentemperatur, die von einer Tierart zur andern variiert, muß sich jedoch die Wärmeproduktion über das basale Niveau hinaus erhöhen, damit der Wärmehalt des Körpers und damit auch die Körperkerntemperatur konstant gehalten werden kann. Diese Außentemperatur — bei der es sich eigentlich um einen Temperaturbereich handelt — wird die kri-

\* Dr. med. K. Lange Andersen, Z. E. B. Bygget, Universitetet, Blindern, Oslo