

POLARFORSCHUNG

Herausgegeben von der Deutschen Gesellschaft für Polarforschung
und dem Deutschen Archiv für Polarforschung

Präsident des wissenschaftlichen Beirates: Prof. Dr. Bernhard Brockamp, Münster

1. Vorsitzender: ORR. Kapitän Alfred Ritscher, Hamburg

2. Vorsitzender und Schriftleiter: Studienrat Kurt Ruthe, Holzminden

Schatzmeister: Senator Max Naumann, Achim, Geschäftsf.: Karl.-H. Tiedemann, Kiel

Geschäftsstelle: Kiel, Eckernförder Str. 1. Verlag: Weserland-Verlag, Holzminden

Postscheckkonto: Senator Max Naumann, Achim, Hannover 31 10

Versand der Zeitschrift nur an Mitglieder

Der Bezugspreis ist im Mitgliedsbeitrag enthalten

Band V — Jahrgang 31 / 1961 — Heft 1/2 — Erschienen: Juni 1963

Über die Ergebnisse der barometrischen Höhenmessung bei der Internationalen Glaziologischen Grönland-Expedition 1959

Von Karl Gerke, Braunschweig *)

Zusammenfassung: Nach einer kurzen Einleitung wird über die Planung und Vorbereitungen zur Durchführung der barometrischen Höhenmessung bei der EGIG berichtet. Danach werden die Messungen und deren Auswertung besprochen. Es folgen die Ergebnisse und die daraus zu ziehenden Folgerungen.

Abstract: After a brief introduction the report deals with the planning and the preparations for the barometrical measuring of altitudes carried out during the EGIG. This is followed by a discussion of the measurements and the ways of their evaluation. In the end the report deals with the results and the conclusions to be drawn.

1. Einleitung

Im Rahmen der Internationalen Glaziologischen Grönland-Expedition 1959 wurden die entlang des Nord-Süd- und des Ost-West-Profiles aufgestellten Balisen nach Lage und Höhe eingemessen. Die Positionen dieser Balisen sollen bei den späteren Wiederholungsmessungen wiederbestimmt werden, so daß ihre räumliche Bewegung über die 3 Komponenten

$$\Delta x, \Delta y, \Delta z \text{ bzw. } \Delta \varphi, \Delta \lambda \text{ u. } \Delta H$$

abgeleitet werden kann. Für die Lagemes-
sung wurde, um die bei früheren Expeditio-

nen aufgetretenen Schwierigkeiten der Meßverfahren und der Meßbedingungen zu vermeiden, das Tellurometer eingesetzt (2). Für die Höhenmessung, die als geometrisches Nivellement durchgeführt wurde (1) (3), wurden Instrumente mit automatischer Horizontierung der Ziellinie verwendet.

Mit dem Tellurometer wurden die Seiten einer Diagonalenviereckskette gemessen, deren Stationen auf der Hauptpiste mit Balisen vermarktet und deren Stationen auf der Nebenpiste nicht vermarktet waren. Die mit dem Tellurometer gemessene rohe Laufzeit elektromagnetischer Wellen zwischen je 2 benachbarten Stationen waren mit den meteorologischen Daten: Luftdruck, Lufttemperatur und Dampfdruck zu korrigieren. Aus der verbesserten Laufzeit wurde mit dem Toronto-Wert der Fortpflanzungsgeschwindigkeit die Schrägentfernung berechnet. Es lag nahe, die Schrägentfernungen auch mit Hilfe der barometrischen Differenzen auf die Horizontale zu reduzieren. Zu diesem Zweck und damit die Aneroid-Ablesungen zusätzlich für eine barometrische Höhen-

*) Prof. Dr.-Ing. Karl Gerke, (33) Braunschweig, Pockelstraße 4

messung verwendet werden konnten, wurden den Trupps gute Aneroide mitgegeben. Da keine Stationsbarometer entlang der Meßstrecke aufgestellt werden konnten, erfolgten die Kontrollen der Aneroide mit Siedethermometern.

Auch die Gruppe Höhenmessung führte bei ihren geometrischen Nivellements regelmäßig Aneroidablesungen durch, um auch damit eine barometrische Höhenbestimmung zusammenzustellen und mit den Ergebnissen des geometrischen Nivellements vergleichen zu können.

Die Ergebnisse beider Gruppen lassen ohne Zweifel zuverlässige Schlüsse auf die Genauigkeit des barometrischen Meßverfahrens zu und geben gute Erfahrungen und Folgerungen für die zukünftigen Anwendungen in arktischen und antarktischen Gebieten.

Die Bedeutung der barometrischen Höhenmessung kann auch auf künftigen Expeditionen hervorgehoben werden für geophysikalische Messungen, in deren Reduktionen die Meershöhen bedeutungsvoll eingehen, sowie für photogrammetrische Paßpunktbestimmungen.

2. Planung und Vorbereitung

Die vom IfAG für die Expedition bereitgestellten Instrumente zur barometrischen Höhenmessung konnten aus Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft beschafft werden. Es waren:

4 *Aneroide Wallace u. Tiernan* (USA Belleville) Φ 13 cm; Bereich 915 bis 675 mb, Teilung $\frac{1}{2}$ mb (2 Umläufe)

6 *Stationsaneroide Fuess* (Berlin) Φ 10 cm; Bereich 900—670 mb, Teilung $\frac{1}{4}$ mb

5 *Aneroide Short u. Mason* (London) Φ 8,5 cm; Bereich 780—520 mm/Hg gleich 1020—690 mb, Teil. $\frac{1}{4}$ mm/Hg

2 *Siedethermometer* von S. Bosch mit je 3 Thermometern (Schneider, Wertheim), Teilung $\frac{1}{4}$ mb (Schätzung $\frac{1}{10}$ mb)

5 *Aspirations-Psychrometer* von Lambrecht (Göttingen) Bereich -58° bis $+20^{\circ}$ C

Für alle diese Instrumente konnte wegen Zeitmangels keine besondere Eichung vorgenommen werden. Es mußten vor Beginn der Expedition die einzelnen Korrekturen lediglich nach den Angaben der Firmen vorbereitet werden.

Nach Abschluß der Expedition sind die Instrumente zum Teil bei dem Instrumentenamt Süd des Deutschen Wetterdienstes München, zum Teil bei der Technischen Hochschule Karlsruhe (im Rahmen einer Dissertation), geeicht worden.

Es muß darauf hingewiesen werden, daß diese Eichungen für alle Instrumente nur in der Gebrauchslage erfolgen dürfen. Es ist nicht angängig, später liegend transportierte Aneroide hängend zu eichen.

Für die Auswahl des Meßverfahrens wurden folgende Forderungen und Voraussetzungen aufgestellt:

- a) keine Verzögerung der Hauptarbeiten (Tellurometermessung oder Nivellement)
- b) Einpassen in den Messungsablauf und den Fahrplan der Weasel
- c) Bestimmung der zeitlichen Änderung des Luftdruckes
- d) keine sprunghaften Temperaturänderungen für die Aneroide
- e) Kontrolle des Aneroid-Ganges.

Die Aneroide wurden paarweise in besonders angefertigten Isolierkisten untergebracht, die für die Dauer der Expedition entweder auf der Haupt- oder auf der Nebenpiste zum Einsatz kamen. Ferner wurden die Feldbücher und Rechenblätter vorbereitet. Für die Aneroid- und Temperatur-Ablesungen wurden graphische Feldbücher vorgesehen. Die Formulare wurden im IfAG entworfen und im Hinblick auf eine einfache spätere Vervielfältigung im Lichtpausverfahren auf Transparentpapier gedruckt.

Die Rechenblätter mußten handlich, klar, leicht lesbar und widerstandsfähig sein. Auf 3 Seiten wurden die barometrischen Höhenformeln von Robitzsch mit der Ableitung der reduzierten Temperatur und des Dampfdruckes sowie 5 Seiten mit Tabellen und graphischen Darstellungen hergestellt.

3. Messungen

3.1 Messungen des Nivellementstrupps

Der Nivellementstrupp konnte während seiner geometrischen Höhenmessung auf folgenden Strecken auch barometrische Höhenmessungen ausführen:

5. 5. und 10. 5. 59 von Camp VI nach BK 1: 94 km, $\Delta h = 1050$ m, Messung mit Hubschraubern auf 7 Stationen.

28. 5. — 28. 7. 59 von Camp Seismique nach Jarl Joset,

davon Camp Seismique nach T 43:
462 km, $\Delta h = + 1830$ m

und T 43 nach Jarl Joset:
141 km, $\Delta h = - 310$ m

zusammen 603 km, $\Delta h = + 1520$ m

3. 8—15. 8. 59 von Jarl Joset nach T 9:
497 km, $\Delta h = 760$ m

Bei diesen Messungen sind folgende Instrumente zum Einsatz gekommen:

5 Thommen-Aneroide Typ 384, Meßbereich -500 bis $+3500$ m

1 Fuess-Aneroid B 30, Meßbereich
500 mm — 680 mm/Hg
bzw. 667 mm — 907 mm/Hg

1 Siedethermometer Bosch
mit 3 Thermometern (Schneider)
für die Bereiche 960 — 850 mb
850 — 750 mb
750 — 650 mb

3 Aspirationspsychrometer Lambrecht
mit je 2—4 Thermometern (Schneider)
im Bereich von -30°C — $+20^{\circ}\text{C}$.

Es wurden folgende Verfahren angewendet:

Im *Parallelverfahren* wurden die Ablesungen mittels Funksprechverbindung gleichzeitig vorgenommen mit dreimal täglich gemeinsamen Barometervergleichen und einmal täglich Siedethermometer-Messungen.

Dieses Verfahren wurde angewendet von

Station Centrale bis T 9 = 234 km mit einem Höhenunterschied von 860 m.

Beim *Überholverfahren* erfolgten die gleichzeitigen Ablesungen nach Winkzeichen bzw. nach Uhrzeit und wurden nach etwa 5 Min. wiederholt. Zwischen je 2 benachbarten Balisen wurde auf 2—3 Zwischenpunkten abgelesen. Die Siedethermometer-Kontrollen erfolgten einmal täglich.

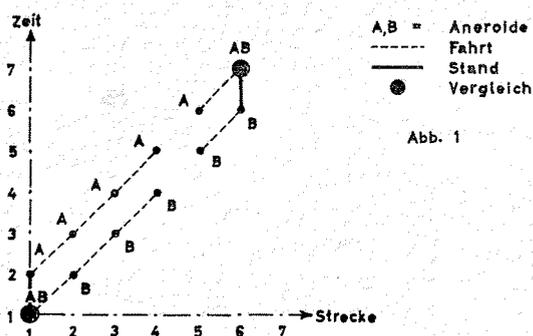
Nach diesem Verfahren wurde von Station Jarl Joset bis Station Centrale = 263 km mit einem Höhenunterschied Δh bis T 43 von $+ 310$ m und weiter von $- 210$ m gemessen.

3.2 Messungen des Tellurometertrupps

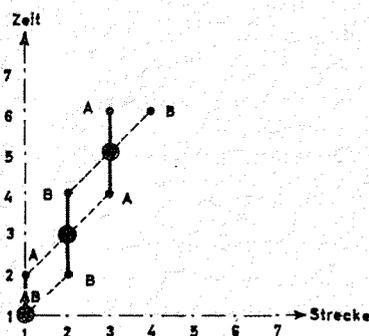
Der Tellurometertrupp hat für seine barometrischen Ablesungen verschiedene Meßverfahren angewendet.

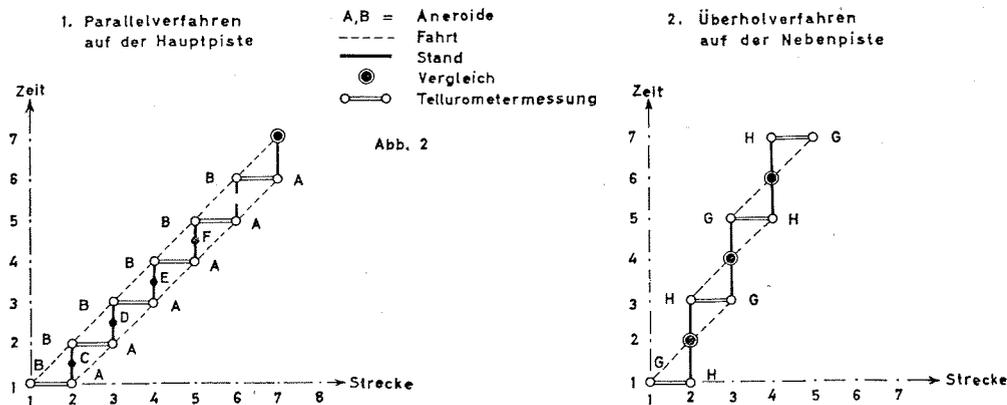
Auf der Hauptpiste fuhren die beiden Weasel gleichzeitig von Station zu Station, so daß auch die Barometer-Ablesungen gleichzeitig vorgenommen wurden. Auf dem ersten Teil der Strecke befanden sich die Aneroide am Weaselheck, später auf dem Weaseldach. Außer den Aneroid-Ablesungen wurden die zur Reduktion der Tellurometermessungen notwendigen Temperaturen laufend an den

1. Parallelverfahren



2. Überholverfahren





zwischen den Stativbeinen aufgehängten Psychrometern vorgenommen. Für die Bestimmung der Korrekturen ließ der vorausfahrende Weasel auf den Stationen jeweils eine Kiste mit 2 Aneroiden zurück.

Auf der Nebenpiste wurden die in einer Kiste auf dem Weaseldach befindlichen Aneroide auch während der gesamten Messungen auf einer Station, also über eine Zeit von 2 bis 3 Stunden, abgelesen. Die in verschiedenen Kisten untergebrachten Aneroide wurden bei den gegenseitigen Überholungen, mit einem Halt von jeweils 5 Minuten, verglichen. Die Psychrometer- und Siedethermometermessungen wurden in gleicher Weise wie auf der Hauptpiste vorgenommen.

Die Gruppe Lagemessung hat auf folgenden Strecken Barometermessungen ausgeführt:

- 17. 5. — 28. 5. 59
von Station Carrefour nach Milcent 123 km
- 3. 6. — 9. 6. 59
von Milcent nach Centrale 162 km
- 13. 6. — 21. 6. 59
von Centrale nach Jarl Joset 262 km
- 24. 6. — 26. 6. 59
von Jarl Joset nach Depot 420 90 km

Darüber hinaus sind nur für die Reduktionen der Tellurometermessungen Barometerablesungen auf folgenden Strecken vorgenommen worden:

- 2. 7. — 7. 7. 59
von Cecilia Nunatak nach Depot 420 160 km
- 28. 7. — 13. 8. 59
von Pkt. IVa nach T 132 222 km
bzw. Terme EGIG

- 13. 5. — 15. 5. 59
und 13. 8. — 19. 8. 59
von Carrefour nach Oapiarfik 90 km

Die Siedethermometerkontrollen sind jeweils an den Depots, an denen auch die astronomischen Beobachtungen erfolgten, sowie an den Reparatur- und Liegetagen vorgenommen worden, und zwar:

- am 6. und 8. 5. 59 in Camp VI
- „ 16. 5. 59 in Carrefour
- „ 23. 5. 59 in T 9a
- „ 1. 6. 59 in Milcent
- „ 11. 6. 59 in Centrale
- „ 23. 6. 59 in Jarl Joset
- „ 1. 7. 59 in Cecilia Nunatak
- „ 7. 7. 59 in Depot 420
- „ 22. 7. 59 in Terme EGIG
- „ 8. 8. 59 in Carrefour
- „ 14. 8. 59 in Camp VI.

4. Auswertung

4. 1. Feldauswertung während der Expedition

Auf dem Inlandeis wurden lediglich für die Reduktion der Telluometerstrecken folgende Auswertungen ausgeführt:

- Berechnung des Dampfdruckes e ,
- Korrektion der Barometerablesungen mit den Firmenangaben zur Berechnung der rohen Höhenunterschiede.

Diese Werte wurden in die graphisch geführten Feldbücher eingetragen.

4. 2. Auswertung nach der Expedition

Nach beendeter Expedition und Rücksendung der Feldbücher an das Institut

wurden diese durchgesehen und die Ergebnisse verglichen. Sodann wurden nacheinander folgende Auswertungen durchgeführt:

a) *Ermittlung der Teilungs- und Temperaturkorrektur*

Für die Teilungs- und Temperaturkorrektur der Barometer-Ablesungen wurden nicht mehr die Firmenangaben verwendet, sondern vor allem die endgültigen Eichkurven des Instrumentenamtes Süd und der Technischen Hochschule Karlsruhe.

b) *Ermittlung der Standkorrekturen*

Zuerst wurde eine mittlere Standkorrektur über die Zeit von etwa 10 Tagen aus dem Vergleich der verbesserten Barometer-Ablesungen mit den Siedethermometer-Ablesungen ermittelt. Dafür standen o. a. 11 Vergleiche in 3 Monaten zur Verfügung.

Aus dem Vergleich der Barometer untereinander wurden die *täglichen* Standkorrekturen ermittelt. Auf der Nebenpiste konnten diese Korrekturen gut abgeleitet werden, weil genügend Vergleiche ausgeführt waren. Zur einwandfreien Bestimmung sind in Zukunft täglich mindestens 3 Vergleiche zu fordern.

c) *Ermittlung der „reduzierten“ Temperatur*

Aus der gemessenen Luft-Temperatur sowie den Korrekturen für den Dampfdruck Δt_e , für die geographische Breite Δt_φ und für die Meereshöhe Δt_z wurde die „reduzierte“ Temperatur t' nach folgender Formel berechnet:

$$t' = t + \Delta t_e + \Delta t_\varphi + \Delta t_z.$$

d) *Ermittlung des Luftdruckganges*

Der tägliche Luftdruckgang wurde aus den Ablesungen während der Aufenthalte auf den Stationen sowie bei den Überholungen und Zusammentreffen der Trupps gebildet. Registrierungen oder regelmäßige Ablesungen von nahegelegenen Stationsbarometern standen nicht zur Verfügung.

e) *Berechnung der Höhenunterschiede*
Die Berechnung der Höhenunterschiede erfolgte nach der barometrischen Höhenformel in der von Robitzsch gegebenen Form:

$$z_2 - z_1 = K \cdot \frac{1 + \alpha t_m}{1 - \delta \cdot \left(\frac{e}{p}\right)_m} \cdot (1 + \beta \cdot \cos 2\varphi_m) \cdot \left(1 + \frac{2}{r} \cdot z_m\right) \cdot [\log p_1 - \log p_2]$$

$$z_2 - z_1 = K \cdot (1 + \alpha t') [\log p_1 - \log p_2];$$

t' = reduzierte Temperatur

für Maschinenrechnung:

$$z_2 - z_1 = 7991,17 \cdot \left(1 + \frac{1}{272,18} \cdot t'\right) \cdot \frac{p_1 - p_2}{p_m}$$

zweimal nach verschiedenen Verfahren:

Für die *Berechnung I* wurden die gleichzeitigen Aneroidablesungen auf benachbarten Stationen — also an verschiedenen Instrumenten — verwendet. Die Ablesungen sind natürlich mit den Teilungs-, Temperatur- und Standkorrekturen versehen worden.

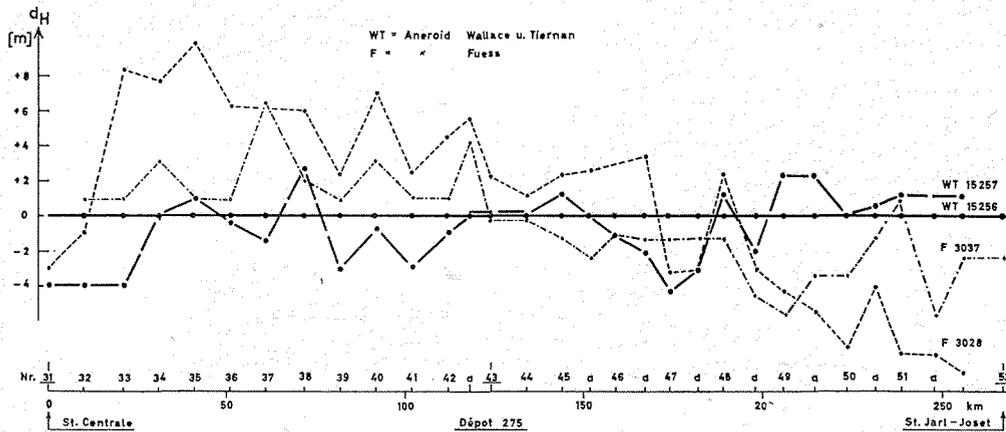
Für die *Berechnung II* sind die an demselben Aneroid nacheinander auf der Piste vorgenommenen Ablesungen, die mit den Korrekturen wegen des Luftdruckganges versehen wurden, benutzt. Die Höhenunterschiede sind zweimal unabhängig voneinander in Formblättern berechnet worden.

5. *Ergebnisse*

5. 1. Im Rahmen dieses Vortrages soll über einige Ergebnisse auf der Strecke von Station Centrale nach Station Jarl Joset berichtet werden.

In der *Abbildung 3* sind für diese über 250 km lange Strecke die Differenzen der mit verschiedenen Aneroiden auf der Hauptpiste ermittelten Stationshöhen, bezogen auf das Aneroid Wallace and Tiernan Nr. 15 256 dargestellt, wie sie sich nach der Auswertung

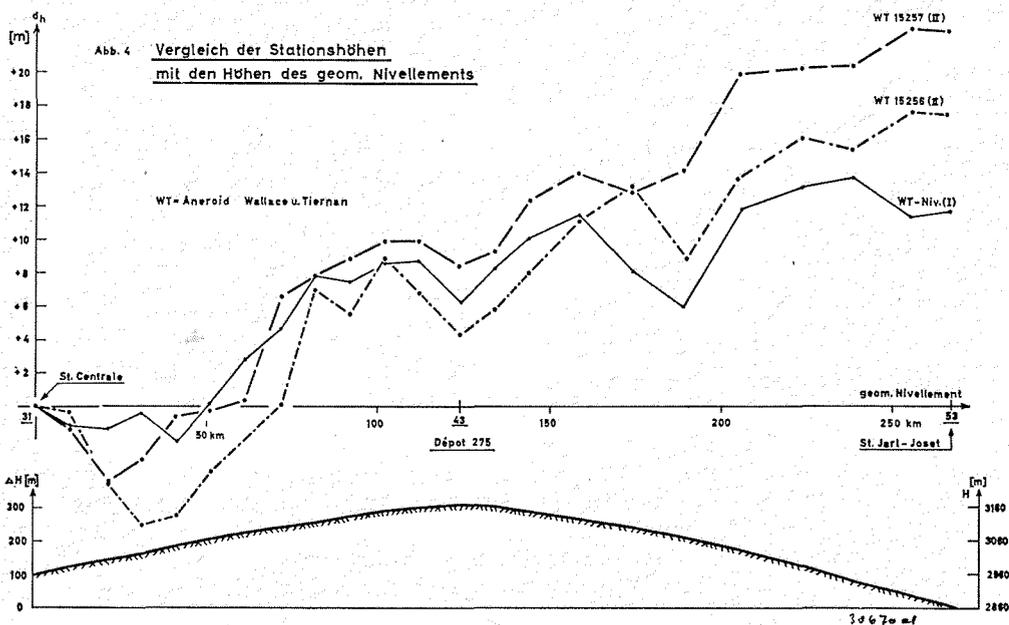
Abb. 3 Differenzen der Stationshöhen



II ergeben. Das 2. Wallace-and-Tiernan-Aneroid Nr. 15 257 zeigt Differenzen zwischen -4 und $+2$ m mit ausgeglichenem Verlauf, das Fuess-Aneroid Nr. 3028 Differenzen zwischen $+10$ und -9 m mit systematisch abnehmendem Verlauf und das Fuess-Aneroid Nr. 3037 Differenzen zwischen $+6$ und -6 m mit befriedigend ausgeglichenem Verlauf. Das Gesamt-

ergebnis ist also als außerordentlich gut zu bezeichnen.

In der *Abbildung 4* ist das Höhenprofil von 2960 m, bei Station Centrale = 0 km, ansteigend bis zur Meereshöhe von $+3160$ m, bei Depot 275 = 120 km, und dann bis zur Meereshöhe $+2860$ m fallend, bei Station Jarl Joset = 270 km, dargestellt worden. Außerdem sind die Differenzen der



barometrisch ermittelten Höhen gegen die Nivellementshöhen aufgetragen, und zwar bezogen auf die Meereshöhe der Station Centrale.

Bei der Auswertung I zeigt sich, daß auf der Hauptpiste die Differenzen fast gleichmäßig bis zum Betrag von + 12 m zunehmen.

Bei der Auswertung II ergibt sich auf der Hauptpiste für das Aneroid WT 15 256 erst eine geringe Abnahme bis - 7 m und dann eine Zunahme bis + 17 m.

Für das Aneroid WT 15 257 ergibt sich zunächst eine geringe Abnahme bis - 5 m und dann eine Zunahme bis + 22 m.

6. Folgerungen

Nach den bisherigen Auswertungen können mit dem besonderen Hinweis auf barometrische Messungen unter ähnlichen Bedingungen einige Folgerungen für Instrumente und Meßverfahren gezogen werden.

6. 1. Für den Einsatz auf Expeditionen, besonders in arktischen und antarktischen Gebieten, sind nur gute Instrumente auszuwählen. Auf parallaxenfreie Ablesung ist zu achten. Die ausgewählten Aneroide sind vor Beginn und nach Beendigung der Expedition in ihrer Gebrauchslage zu untersuchen und zu eichen. Dabei wird zweckmäßig die Teilungs- und die Temperaturkorrektur zusammengefaßt, da erfahrungsgemäß auch die besten Instrumente nicht vollständig kompensiert sind. Außerdem sollten stets auch Nachwirkungserscheinungen untersucht werden, wie sie nach schnellem Überwinden großer Höhenunterschiede auftreten und z. B. vor der EGIG 1959 auf einer Fahrt auf die Zugspitze geprüft wurden.

6. 2. Meßverfahren

Es sollten nur Meßverfahren angewendet werden, die sowohl eine Elimination des Instrumentenganges, als auch

des Luftdruckganges gestatten. Dafür eignen sich:

Parallel-Messungen mit mindestens 2-3 mal täglichen Aneroidvergleichen, aus denen die Standkorrekturen zuverlässig ermittelt werden können.

Die Kontrolle kann mit Stationsbarometern, wobei Quecksilberbarometer für arktische Gebiete nicht geeignet sind, oder mit Siedethermometern vorgenommen werden. Die letzteren können mit gutem Erfolg auf elektrische Heizung oder auf Butangas umgestellt werden;

Schleifenmessungen um eine feste Station herum, in der ein Stationsbarometer oder ein Barograph zur Bestimmung des Luftdruckganges aufgestellt ist. Dieses Verfahren eignet sich z. B. gut bei flächenhaften geophysikalischen Aufnahmen;

Profilmessungen entlang einer Linie oder bei Profilaufnahmen, für die zweckmäßig das Stepverfahren oder auch die Messung mit ausreichend langen Stationszeiten und zeitlicher Überlappung gewählt wird.

Die für die EGIG 1959 ausgewählten Aneroide haben sich für die barometrischen Höhenmessungen sehr gut geeignet. Die Ergebnisse zeigen, daß die Ablesegenauigkeit von $\frac{1}{10}$ mb durchaus ausgenutzt werden kann, und daß ein Erkennen systematischer Einflüsse wohl möglich ist.

Eine vollständige Veröffentlichung der Ergebnisse der barometrischen Höhenmessungen während der Internationalen Glaziologischen Grönland-Expedition 1959 wird in der Reihe der EGIG-Publikationen und in der Veröffentlichungsreihe der Deutschen Geodätischen Kommission erfolgen.

Literatur:

- Lichte, H.: Internationale Glaziologische Grönland-Expedition 1958/59. — ZfV. 1957, S. 3 bis 8.
- Lichte, H.: Geodätische Messung auf dem grönländischen Inlandeis. — ZfV. 1957, S. 46 bis 50; 65—73.
- Hofmann, W.: Geodätische Lagemessung bei der Sommer-Kampagne 1959 der Internationalen

Glaziologischen Grönl.-Expedition (EGIG).
ZfV. 1960, S. 46—56.

Mälzer, H.: Die Höhenmessung bei der Sommer-Kampagne 1959 der Internationalen Glaziologischen Grönl.-Expedition (EGIG). —
ZfV. 1960, S. 275—288.

*

Diskussion

Stilke, Hamburg:

Welche Gründe lagen vor, daß bei den barometrischen Höhenmessungen nicht Mikrobarometer von Askania ebenfalls eingesetzt wurden? Das Askania-Gerät ist besonders für die Höhenbestimmung bei geophysikalischen und geodätischen Messungen entwickelt worden. Es wurden Probemessungen mit mehreren Geräten im Gebirge und in Bergwerken von Askania veröffentlicht, danach sollte das Askania-Gerät solchen mit Druckdosen überlegen sein. Die Ablesegenauigkeit ist fast eine Größenordnung

besser als bei den auf Grönland eingesetzten Geräten.

Gerke, Frankfurt:

Bei der Vorbereitung der Expedition ist natürlich auch die Messung des Luftdrucks und seiner Veränderung mit Askania-Mikrobarometern überlegt worden. Im Hinblick auf den auch im Vortrag kurz erläuterten Zweck der Messungen, der nicht höchste Genauigkeit erforderte, sowie auf das Expeditionsgebiet und die harte mechanische Beanspruchung der Geräte, konnten jedoch die Mikrobarometer nicht zum Einsatz kommen.

Weiter äußerten sich noch Prof. Lichte, Karlsruhe und Prof. Brockamp, Münster, mit einer Stellungnahme zu den Askania-Geräten und einem Hinweis auf den Vergleich der Barographenstreifen. Von Prof. Gerke wurde noch auf die Dissertation Wolfgang Pötzschner: „Höhenmessung mit Feinbarometern“, Technische Hochschule Hannover 1955, hingewiesen.

Significance and techniques in the study of gas inclusions in glaciers ice*)

By David C. Nutt, Hanover **)

Zusammenfassung: Nach einer Definition des Begriffes Gaseinschlüsse vertritt der Verfasser die Meinung, daß solche Einschlüsse über die Bedingungen Auskunft geben können, unter denen sich das Eis gebildet hat. Er gibt einen Überblick über die technischen Forschungsverfahren, wie sie von ihm und anderen angewandt wurden. Bezüglich des Ursprunges der Einschlüsse nennt der V. zwei Quellen: 1. Luft, die zwischen den Schneeflocken eingefangen ist und 2. Ausfrieren aus Wasser. Die technischen Verfahren für das Herausziehen des Gases und seine Quantitäts-Analyse werden dargelegt. Bei der Behandlung des Gasdruckes in den Einschlüssen kommt er auf zwei allgemeine Verfahren zu sprechen: das spezifische Schwere-Volumen-Verfahren und seine eigene Methode der Druckablesung mit einem Druckmesser, der an den Druckraum angeschlossen wird.

Um über die Zusammensetzung der Luft zeitlich Aufschlüsse zu erhalten, wurde ein Datierungs-Verfahren entwickelt, bei dessen Beschreibung der V. auf die beiden möglichen Fehler eingeht: 1. auf das Hinzutreten von zeitlich jüngeren CO₂ zu den Gaseinschlüssen und 2. auf die mögliche Verunreinigung während der Extraktion durch die Gegenwart von CO₂ infolge Einsickern oder Diffusion. Es folgen sodann endgültige Daten aus der Anwendung des genannten Verfahrens, die für das von den Grönland-Gletschern stammende Eis gefunden wurden.

*

Abstract: After giving a definition of the term gas inclusions the author states that such inclusions can provide information about the conditions under which the ice was formed. He gives a survey of the techniques of investigation as found by himself and others as well as of their significance. As to the origin of gas inclusions he mentions two sources viz.: 1) air trapped between snowflakes and 2) they may be frozen out by air equilibrated water. Techniques of the extraction of the gas and its quantitative analysis are given. Speaking of

the pressure in gas inclusions he mentions two general techniques for their determination: specific gravity-volume technique and his own method allowing to take pressure reading directly from a pressure gauge attached to the pressure chamber.

To know the composition of the ancient air in relation to time a dating technique was developed which he describes mentioning the two possible errors: 1) addition of new atmosphere CO₂ to the gas inclusions 2) possible contamination during extraction by present day CO₂ through leak or diffusion. There follows the application of this technique on the expedition to Greenland and final dates found in the ice discharging from the Greenland glaciers.

*

Introduction

Gas inclusions are a very conspicuous admixture or impurity in glacier ice. Closely spaced inclusions, often hairlike and containing gas under considerable pressure, account for the characteristic white appearance of icebergs. Gas inclusions also contribute to the gray or cloudy appearance of other forms of ice. Only rarely, and then under special conditions, does one find ice which is entirely gas free.

Until recently the study of gas inclusions has attracted only little and sporadic attention, due largely to the lack of adequate techniques and the preoccupation of glaciologists with other aspects. The principal

*) Summary of an informal lecture delivered at the Symposium on the Geophysics of Greenland, Münster, Westf., 11—14 Mai 1961.

**) Commander David C. Nutt, Research Associate, Department of Geography, Dartmouth College, Hanover, N. H., USA