

MEDDELELSE R OM GRØNLAND

UDGIVNE AF

KOMMISSIONEN FOR VIDENSKABELIGE UNDERSØGELSER I GRØNLAND

Bd. 187 • Nr. 4

EXPÉDITION GLACIOLOGIQUE INTERNATIONALE AU GROENLAND

E.G.I.G. 1967-1968 Vol. 3 No. 5

HÖHENÄNDERUNGEN IM
GRÖNLÄNDISCHEN INLANDEIS ZWISCHEN
1959 UND 1968

VON

H. SECKEL

MIT 7 ABBILDUNGEN, 10 TABELLEN UND 2 ANLAGEN



Nyt Nordisk Forlag Arnold Busck

København 1977

ISBN 87-17-02373-4

BIANCO LUNOS BOGTRYKKERI A/S

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4
Summary	4
Resumé	4
Vorwort	5
Bezeichnungsübersicht	6
1 Höhenbestimmung durch Nivellement und Ermittlung der vertikalen Bewegungskomponenten	7
1.1 Berechnung genäherter Höhen und Bewegungen	8
1.2 Reduktionen der Messungen	9
1.2.1 Reduktion eines Einzelhöhenunterschieds ΔH_{i-1}^i auf die Zeit T_0	10
1.2.2 Berücksichtigung von Pausenzeiten	11
1.2.3 Reduktion des Gesamthöhenunterschieds	13
1.3 Relativbewegungen zur vorangehenden Balise	14
1.4 Genauigkeit der gerechneten Vertikalbewegungen	15
1.5 Die Höhen der Schneeoberfläche bei der Erst- und Wiederholungsmessung	17
1.5.1 Berücksichtigung des Schneehöhenzuwachses	17
1.5.2 Balisenwanderung	18
1.5.3 Vertikalbewegungen	19
1.6 Höhenänderungen durch Wellenbewegung	20
2 Die Höhenänderungen im E.G.I.G.-Profil in Grönland zwischen 1959 und 1968	22
2.1 Messungszeiten	22
2.2 Schneehöhenzuwachs	22
2.3 Vorläufige Vertikalbewegungen	23
2.4 Berechnung der Reduktionen	25
2.5 Berechnung der Vertikalbewegungen, Vertikalgeschwindigkeiten und reduzierten Höhen	27
2.6 Höhenänderungen der Schneeoberfläche an den Balisenstandpunkten der Erstmessung 1959	28
2.7 Geschwindigkeit der Vertikalbewegung	31
2.8 Zusammenfassung der Ergebnisse	31
Literaturverzeichnis	33
Tabellen	35

Zusammenfassung

Das Ziel der Höhenmessungen in Grönland war die Erfassung der vertikalen Geschwindigkeitskomponenten der Eisbewegung und die Höhenänderungen der Eisoberfläche. Hierzu wurden die Nivellementsergebnisse der Messungscampagnen 1959 und 1968 verglichen, wobei die Bewegungen während der Messungen und andere überlagernde Einflüsse zu berücksichtigen waren. Die Ergebnisse lassen eine geringe asymmetrische Erhöhung des Inlandeisschildes erkennen.

Summary

The aim of repeated levellings across the icecap of Greenland was to determine the vertical component of the ice movement and the variation of the height of the icecap along a certain profile. The measurement of both campaigns, 1959 and 1968, are compared regarding the ice-movement during the levellings and other superposing influences as well. The results show a slight and asymmetric elevation of the icecap.

Résumé

Le but des nivelllements géométriques répétés à travers l'Inlandsis au Groenland était rechercher la composante verticale du mouvement de la glace et la variation d'altitude de la surface le long d'un certain profil. Les résultats de campagnes 1959 et 1968 sont comparés en tenant compte des mouvements pendant les mesures et d'autres influences superposées. La comparaison montre une faible élévation asymétrique de l'Inlandsis.

H. SECKEL
Geodätisches Institut der
Universität
Englerstrasse 7, 75 Karlsruhe

VORWORT

Der vorliegende Bericht enthält den Vergleich der geometrischen Nivellements über das grönlandische Inlandeis der Jahre 1959 und 1968.

Aus den Ergebnissen beider Nivellements wurden die Höhenänderungen des Schneehorizonts bestimmt. Beide Nivellements wurden hierzu auf den Zeitpunkt des Anschlusses am Festpunkt im Fels (A 14) reduziert. Die dazu benutzten Berechnungs- und Reduktionsformeln sind in Abschnitt 1 hergeleitet. Dieser Abschnitt ist Bestandteil der Dissertation des Verfassers, die 1974 unter dem Titel: »Zur geodätischen Erfassung von Inlandeisbewegungen« veröffentlicht wurde.

Die Werte für das Nivelllement 1959 sind dem Bericht von MÄLZER, 1964 in den E.G.I.G.-Publikationen Vol. 3, Nr. 1 entnommen, die Werte für das Nivelllement 1968 werden in den E.G.I.G.-Publikationen Vol. 3, Nr. 3 (SECKEL) und Vol. 3, Nr. 4 (PENNEC) erscheinen und die horizontalen Bewegungsvektoren werden in Vol. 2, Nr. 7 enthalten sein.

Die Auswertungen und Berechnungen sind durch Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft und des Geodätischen Instituts der Universität Karlsruhe ermöglicht worden. Dafür möchte ich allen Institutsangehörigen und besonders Herrn Professor Dr. LICHTE meinen Dank aussprechen.

BEZEICHNUNGSÜBERSICHT

Es bedeuten:

P_i	Pegelstandpunkt bei der ersten Messung,
P'_i	Pegelstandpunkt bei der Wiederholungsmessung,
T_i und T'_i	Zeit der Messung bei P_i und P'_i ,
T_o und T'_o	Bezugszeitpunkte,
$\Delta T_o^i = T_i - T_o$	Zeitdifferenz zwischen Messungs- und Bezugszeit,
$\Delta T'_o = T'_o - T_o$	Differenz der Bezugszeiten,
$\Delta T_i = T'_i - T_i$	Differenz der Messungszeiten am Punkt P_i ,
H_i, H'_i	Meereshöhe des Punktes P_i, P'_i ,
H_{1i}	Schneehöhe an der Balise P_i bei der Erstmessung,
H'_{1i}	Schneehöhe am wiederbestimmten Balisenstandpunkt P_i der Erstmessung bei der Wiederholungsmessung,
H'_{2i}	Schneehöhe an der Balise P'_i bei der Wiederholungsmessung,
ΔH_o^i	Höhenunterschied zwischen P_o und P_i und
$m_{\Delta H_o^i}$	der mittlere Fehler,
R	Rückblickablesung,
V	Vorblickablesung,
h_i	Höhenänderung des Punktes P_i in der Zeit $(T'_i - T_i)$ und
m_{h_i}	der mittlere Fehler,
z_i	Geschwindigkeit der Höhenänderung bei P_i ,
h_{zi}	Höhenänderung durch Vertikalbewegung der Eismasse in der Zeit ΔT_i ,
Δa_i	Höhenänderung durch Schneezuwachs in der Zeit ΔT_i ,
Z_i	vertikale Bewegungsgeschwindigkeit der Eismasse,
h_i^r, H_i^r, H'_i^r	auf T_o reduzierte Werte,
H_o^ir, H'_o^ir	
$\bar{H}_i, \bar{H}'_i, \bar{h}_i, \bar{Z}_i$	Reduktionsbeträge,
L, I	Latten- und Instrumentenstandpunkte,
Δt	die Zeit zwischen einer Rückblickablesung und einer Vorblickablesung,
m	Anzahl der Latten und Instrumentenstandpunkte zwischen zwei Balisen,
z_p	vertikale Bewegungsgeschwindigkeit an einem Ruhepunkt,
τ_p	Zeit der Arbeitsruhe an diesem Punkt,
m_{T_i}	mittlerer Fehler der Zeit T_i ,
ε	Neigungswinkel des Geländes,
h_{wi}	Höhenänderung wegen der Fortbewegung der Welle,
h_{ni}	Einfluß der Neigung des Geländes auf die Höhenänderung,
e	Betrag der Wellenbewegung (Horizontalkomponente).

1 HÖHENBESTIMMUNG DURCH NIVELLEMENT UND ERMITTlung DER VERIKALEN BEWEGUNGSKOMPONENTEN

Schon 1948 wurde von NEVIÉRE (Expédition Polaires Françaises, 1954) ein Nivellement zu Fuß über das Inlandeis, mit ausgezeichneter Genauigkeit, erprobt; es kam jedoch wegen zu geringer Arbeitsleistung bei der eigentlichen Profilmessung in den folgenden Jahren nicht zur Anwendung. Die folgenden Untersuchungen knüpfen an das bei der E.G.I.G. 1959 und 1968 angewandte Meßverfahren des motorisierten Nivellements an, das von LICHTE (1957) vorgeschlagen wurde.

Das Endziel der Höhenmessung aus glaziologischer Sicht besteht darin, die höhenmäßigen Veränderungen der Eisoberfläche im Verlauf des nicht exakt geradlinigen Profils, das bei der Erstmessung festgelegt wurde, zu ermitteln. Da der Profilverlauf nicht stetig erfaßt, sondern nur durch eine Punktfolge dargestellt werden kann, sind die Wiederholungsmessungen auf diejenigen Vertikalen zu beziehen, in welchen sich bei der Erstmessung die – inzwischen in der Lage veränderten – Balisen befanden. Doch wird sich ergeben, daß für die Diskussion weiterer Fragen, auch Höhenwerte für den Ort, an dem sich die Balise bei der Wiederholungsmessung befindet, erwünscht sind.

Aufgabe des dem glaziologischen Ziel dienenden Nivellements ist es, den im Profilverlauf höhenmäßig definierten Bezugspunkten möglichst zuverlässige Höhenangaben zuzuordnen und die Bezugspunkte mit der Höhe der Eisoberfläche in Beziehung zu bringen. Als Bezugspunkte für das Nivellement wurden die meist einige Meter unter der Eisoberfläche liegenden Fußpunkte F, der aus $2\text{ m} \pm 1\text{--}2\text{ mm}$ langen Elementen zusammengesetzten Balisen, ausgewählt.

Damit stellt die Balise einen in 2 m Abständen gekennzeichneten Längenmaßstab dar, auf dessen Nullpunkt weitere lokale relative Höhenangaben (z.B. Eisoberfläche und Schneezuwachs) zu jedem beliebigen Zeitpunkt bezogen werden können.

Dabei darf jedoch nicht außer acht gelassen werden, daß eine – prinzipiell nicht zu vernachlässigende – Nullpunktsänderung mit der Zeit eintreten kann, wenn der Balisenfußpunkt sich gegenüber der bei der Erstmessung in gleicher Höhe befindlichen Eisschicht um einen Betrag u. verschiebt, in der Regel als Einschmelzwirkung nach unten, seltener als Folge von Eisdruk oder – durch Winddruck hervorgerufener – Balisenneigung nach oben (sogenannte »Schichtuntreue«). Diese Schichtuntreue u. läßt sich im allgemeinen nicht durch zusätzliche Messungen ermitteln. Die bisher vorliegenden praktischen Erfahrungen haben zu

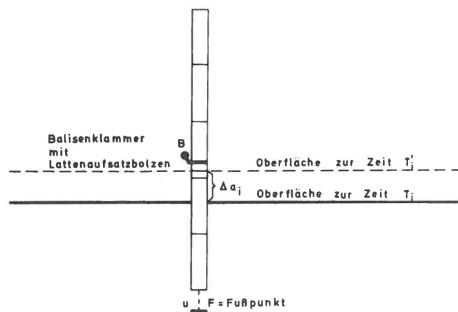


Abb. 1. Skizze einer Balise.

der Auffassung geführt, daß die Beträge u sehr klein sind und im Vergleich zu den übrigen Vertikalbewegungen vernachlässigt werden können, d.h. mit $u = 0$ Schichttreue angenommen werden kann.

Bei der Ermittlung der Vertikalbewegung der Eisoberfläche ist es sehr wichtig, die zwischen beiden Campagnen eingetretene Änderung der Schneehöhe relativ zum Balisenfußpunkt, die sich aus der Setzung der oberen Schneeschichten und dem Schneefall ergibt, und die als Schneehöhenzuwachs Δa_i bezeichnet wird, zu berücksichtigen. Wenn dies auch die Höhenbestimmung der Balisenfußpunkte betrifft, so soll darauf in diesem Zusammenhang zur Klarstellung doch hingewiesen werden.

Zudem muß bei Ermittlung der Vertikalbewegungen beachtet werden, daß die Balisen zwischen beiden Campagnen infolge der Horizontalbewegung der Eisoberfläche auch horizontal gewandert ist. Auf beide Fragen – Schneehöhenzuwachs und Balisenwanderung – wird später eingegangen werden.

1.1 Berechnung genäherter Höhen und Bewegungen

Beginnt man mit dem Nivellement zur Zeit T_o am Höhenfestpunkt P_o mit der Höhe H_o und bestimmt über die Balisen $P_1, P_2 \dots P_j \dots P_i$, d.h. über die an den Balisen als Hilfshöhenpunkte angebrachten Lattenaufsatzbolzen B_j die Höhe H_i des Fußpunkts F_i , dann stellen die normalen Nivellementsbeziehungen

für das Erstnivellement

$$H_i = H_o + \Delta H_o^i \quad \text{mit} \quad \left| \begin{array}{l} H'_i = H_o + \Delta H'_o^i \quad \text{mit} \\ \Delta H'_o^i = \sum_{j=0}^i (R_j - V_j) \end{array} \right. \quad (1)$$

$$\Delta H_o^i = \sum_{j=0}^i (R_j - V_j) \quad \left| \quad \Delta H'_o^i = \sum_{j=0}^i (R'_j - V'_j), \quad (2) \right.$$

nur Näherungswerte dar, weil die Bewegungen in dem Zeitraum

$$T_o \text{ bis } T_1, T_2 \dots T_i \quad \text{bzw.} \quad T'_o \text{ bis } T'_1, T'_2 \dots T'_i$$

nicht berücksichtigt sind. Die Vertikalbewegungen, die aus dem gleichen Grunde nur genähert sind, ergeben sich mit

$$h_i = H'_i - H_i = \Delta H_o^i - \Delta H'_o^i. \quad (3)$$

Nimmt man eine gleichförmige Geschwindigkeit der Vertikalbewegungen an, d.h. daß die Bewegungsbeträge sich im Zeitraum $T'_i - T_i = \Delta T_i$ zwischen beiden Nivellements linear proportional dem Zeitablauf ändern, dann läßt sich anstatt (3) auch

$$h_i = z_i \Delta T_i \quad \text{oder} \quad z_i = \frac{h_i}{\Delta T_i} \quad (4)$$

schreiben.

Der mittlere Fehler m_{hi} ergibt sich, wenn nur die Nivellementsfehler betrachtet werden und gleiche Meßgenauigkeit in beiden Campagnen vorausgesetzt wird, aus (3) mit

$$m_{hi} = \pm m_{\Delta H_o} i \cdot \sqrt{2}. \quad (5)$$

1.2 Reduktionen der Messungen

Verbesserte Werte der Höhen und Höhenunterschiede erhalten wir, wenn wir alle Messungen auf einen einheitlichen Zeitpunkt – etwa T_o – reduzieren. Statt der Beziehungen (1) und (3) ergeben sich dann die reduzierten Höhen H_i^r , H'_i^r und der reduzierte Höhenunterschied h_i^r mit den Reduktionen $\Delta \bar{H}_o^i$, $\Delta \bar{H}'_o^i$ und \bar{h}_i wie folgt:

$$H_i^r = H_o + \Delta H_o^i + \Delta \bar{H}_o^i, \quad H'_i^r = H_o + \Delta H'_o^i + \Delta \bar{H}'_o^i \quad (6)$$

oder

$$H_i^r = H_o + \Delta H_o^{ir}, \quad H'_i^r = H_o + \Delta H'_o^{ir} \quad (6a)$$

und

$$h_i^r = h_i + \bar{h}_i = \Delta H'_o^i + \Delta \bar{H}'_o^i - \Delta H_o^i - \Delta \bar{H}_o^i \quad (7)$$

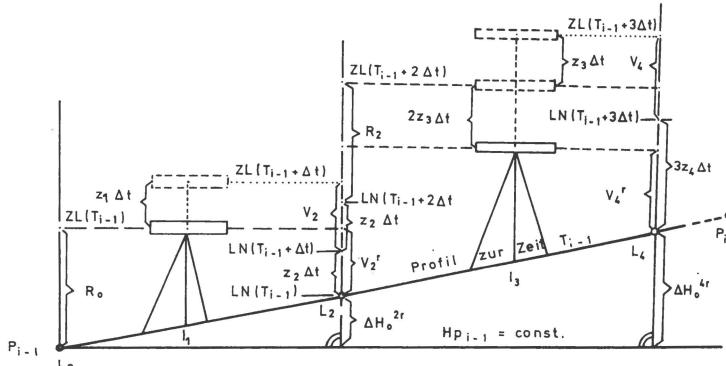
oder

$$h_i^r = z_i^r (T'_o - T_o) = (z_i + \bar{z}_i) \Delta T_o. \quad (8)$$

Für den Höhenunterschied ΔH_o^i und die entsprechende Reduktion auf die Zeit T_o können folgende Summen geschrieben werden

$$\Delta H_o^i = \sum_{j=1}^i \Delta H_{j-1}^i \quad \text{und} \quad \Delta \bar{H}_o^i = \sum_{j=1}^i \Delta \bar{H}_{j-1}^i. \quad (9)$$

Zur Messung eines Einzelhöhenunterschieds ΔH_{i-1}^i benötigt die Beobachtergruppe eine bestimmte Zeit während der sich die Eisoberfläche zwischen P_{i-1} und P_i mit der Beobachtergruppe bewegt. Die Einzelhöhenunterschiede ΔH_{i-1}^i werden zunächst auf den Beginn der Messung des Höhenunterschieds ΔH_{i-1}^i bei P_{i-1} die Zeit T_{i-1} reduziert und dann weiter auf T_o .

Abb. 2. Reduktion der gemessenen Höhenunterschiede auf die Bezugsszeit T_0 .

$LN(T_{i-1})$ = Lattennullpunkt zur Zeit T_{i-1}

$ZL(T_{i-1})$ = Ziellinie zur Zeit T_{i-1}

1.2.1 Reduktion eines Einzelhöhenunterschieds ΔH_{i-1}^i auf die Zeit T_0

Zur Ableitung der Reduktion $\Delta \bar{H}_{i-1}^i$ betrachten wir innerhalb des Profils vorerst nur den Abschnitt zwischen den beiden aufeinanderfolgenden, im Durchschnitt etwa 10 km voneinander entfernten Balisen P_{i-1} und P_i , in dem m Latten- und Instrumentenstandpunkte mit stets gleichen Entfernungen (Zielweite $s \sim 100$ m) gelegen sind. Das Nivelllement führt (Abb. 2), von P_{i-1} ausgehend, über die Punkte $P_{i-1} = L_0, I_1, L_2, I_3, \dots, L_m = P_i$. Man darf also annehmen, daß bei gleichem Arbeitsfortschritt der Latten- und Instrumentenwechsel in äquidistanten Zeitintervallen Δt abläuft. Für die Zeit der Messung von P_{i-1} nach P_i gilt demnach

$$T_i - T_{i-1} = m \cdot \Delta t. \quad (10)$$

Die Bewegungsgeschwindigkeit der Lattenstandpunkte sei

$$z_0, z_2, z_4, z_6, \dots, z_{2k} \quad \text{mit} \quad k = 0, 1, 2, \dots, \frac{m}{2},$$

die Bewegungsgeschwindigkeit der Instrumentenstandpunkte

$$z_1, z_3, z_5, z_7, \dots, z_{2k-1} \quad \text{mit} \quad k = 1, 2, \dots, \frac{m}{2}.$$

Betrachten wir nun das Teilstück $L_0 - L_4$, so läßt sich nach Abb. 2 für den Messungsablauf mit Zeitplan, Ortsangabe von Latten- und Instrumentenstand, den Ablesungen an den Latten und den reduzierten Ablesungen folgende Übersicht zusammenstellen:

Zeitpunkt	Latte in	Instr. in	Ablesung	auf T_{i-1}
				reduzierte Ablesung
T_{i-1}	$P_{i-1} = L_0$	I_1	R_0	$R_0^r = R_0$
$T_{i-1} + \Delta t$	L_2	I_1	V_2	$V_2^r = V_2 + z_2 \Delta t - z_1 \Delta t$
$T_{i-1} + 2\Delta t$	L_2	I_3	R_2	$R_2^r = R_2 + 2z_2 \Delta t - 2z_3 \Delta t$
$T_{i-1} + 3\Delta t$	L_4	I_3	V_4	$V_4^r = V_4 + 3z_4 \Delta t - 3z_3 \Delta t$

Für eine beliebige auf T_{i-1} reduzierte Rückblickablesung k gilt somit

$$R_k^r = R_k + k \cdot z_k \cdot \Delta t - (2k - 2) \cdot z_{2k-1} \cdot \Delta t$$

und für die Summe aller Rückblicke zwischen L_0 und L_m

$$\sum_{k=1}^{m/2} R_{(2k-2)}^r = \sum_{k=1}^{m/2} R_{(2k-2)} + \Delta t \sum_{k=1}^{m/2} (2k-2)z_{2k-2} - \Delta t \sum_{k=1}^{m/2} (2k-2)z_{2k-1}. \quad (11)$$

Die reduzierten Vorblickablesungen folgen dem Bildungsgesetz

$V_k^r = V_k + (k-1)z_k \Delta t - (k-1)z_{k-1} \Delta t$, ihre Summe zwischen L_0 und L_m wird damit

$$\sum_{k=1}^{m/2} V_{2k}^r = \sum_{k=1}^{m/2} V_{2k} + \Delta t \sum_{k=1}^{m/2} (2k-1)z_{2k} - \Delta t \sum_{k=1}^{m/2} (2k-1)z_{2k-1}. \quad (12)$$

Der Höhenunterschied zwischen $P_{i-1} = L_0$ und $P_i = L_m$, reduziert auf die Zeit T_{i-1} , ergibt sich aus der Differenz der reduzierten Rückblick- und Vorblickablesungen (11) – (12):

$$\begin{aligned} \Delta H_{i-1}^{ir} &= \sum_{k=1}^{m/2} R_{(2k-2)}^r - \sum_{k=1}^{m/2} V_{2k}^r \\ &= \sum_{k=1}^{m/2} (R_{(2k-2)} - V_{2k}) + \Delta t \sum_{k=1}^{m/2} z_{2k-2} - (m-1) \Delta t z_m + \Delta t \sum_{k=1}^{m/2} z_{2k-1} \end{aligned}$$

und durch weitere Zusammenfassung erhalten wir

$$\begin{aligned} \Delta H_{i-1}^{ir} &= \underbrace{\sum_{k=1}^{m/2} (R_{(2k-2)} - V_{2k})}_{(T_{i-1})} + \underbrace{\Delta t \sum_{k=1}^{m-1} z_k - (m-1) \Delta t z_m}_{(T_{i-1})}. \quad (13) \\ \Delta H_{i-1}^{ir} &= \Delta H_{i-1}^i + \Delta \bar{H}_{i-1}^i \end{aligned}$$

Die unbekannten Bewegungsgeschwindigkeiten z_k werden auf den Punkten $L_0, I_1, L_2 \dots I_{m-1}$ nicht in gleicher Größe auftreten, es ist andererseits zu erwarten, daß sie sich während des Nivellements nicht völlig regellos ändern. Darüberhinaus darf wohl angenommen werden, daß sich z_k zwischen z_{i-1} und z_i linear, proportional dem Weg und damit bei gleicher Arbeitsgeschwindigkeit auch zeitproportional ändern, zu-

mindest spricht unter durchschnittlichen Verhältnissen nichts gegen diese Annahme. Bei zeitproportionaler Änderung ist

$$z_k = z_{i-1} + \frac{z_i - z_{i-1}}{T_i - T_{i-1}} k \Delta t = z_{i-1} + \Delta z_i k \Delta t. \quad (14)$$

Summieren wir über alle k und multiplizieren mit Δt , so erhalten wir für das 2. Glied in (13)

$$\begin{aligned} \Delta t \sum_{k=1}^{m-1} z_k &= \Delta t \sum_{k=1}^{m-1} (z_{i-1} + \Delta z_i k \Delta t) \\ &= (m-1) \Delta t z_{i-1} + \Delta t^2 \Delta z_i (1+2+\dots+m-1) \\ \text{und weiter mit } (1+2+\dots+m-1) &= \frac{m(m-1)}{2} \\ \Delta t \sum_{k=1}^{m-1} z_k &= (m-1) \Delta t z_{i-1} + \Delta t^2 \Delta z_i \frac{m(m-1)}{2}. \end{aligned}$$

Beachten wir nun (10), so ergibt sich

$$\Delta t \sum_{k=1}^{m-1} z_k = (m-1) \Delta t z_{i-1} + \Delta t(m-1) \frac{(z_i - z_{i-1})}{2} = \Delta t(m-1) \frac{(z_i + z_{i-1})}{2}. \quad (15)$$

Für große Werte m (der durchschnittliche Wert liegt etwa bei $m = 100$) kann ohne Genauigkeitsverlust in (13) und (15) $(m-1)\Delta t = m \Delta t = T_i - T_{i-1} = \Delta T_{i-1}^i$ gesetzt werden und der auf T_{i-1} reduzierte Höhenunterschied ergibt sich, mit $z_m = z_i$, aus (13) zu

$$\Delta H_{i-1}^{ir} = \Delta H_{i-1}^i - \frac{z_i - z_{i-1}}{2} (T_i - T_{i-1}) = \Delta H_{i-1}^i - \frac{\Delta z_{i-1}^i}{2} \Delta T_{i-1}^i. \quad (16)$$

Das Reduktionsglied $\Delta \bar{H}_{i-1}^i$ stellt sich als das arithmetische Mittel der Bewegungen bei P_{i-1} und P_i in der Zeit ΔT_{i-1}^i dar. Zur Reduktion auf den Zeitpunkt T_0 ist in (16) nun noch die Änderung des Höhenunterschieds ΔH_{i-1}^i in der Zeit $T_{i-1} - T_0 = \Delta T_0^{i-1}$ anzubringen. Die Reduktion wird dann

$$\frac{\Delta \bar{H}_{i-1}^i}{(T_0)} = -\frac{1}{2} \Delta z_{i-1}^i \Delta T_{i-1}^i - \Delta z_{i-1}^i \Delta T_0^{i-1} \text{ oder zusammengefaßt}$$

$$\frac{\Delta \bar{H}_{i-1}}{(T_0)} = -\frac{1}{2} \Delta z_{i-1}^i (\Delta T_0^{i-1} + \Delta T_0^i) = -\frac{1}{2} \Delta z_{i-1}^i (\Delta T_{i-1}^i + 2 \Delta T_0^{i-1}). \quad (17)$$

1.2.2 Berücksichtigung von Pausenzeiten

In jeder Messungscampagne treten wegen Nachtruhe, Schlechtwetterperiode, Weaselausfall u.ä. unvermeidliche Messungspausen ein, die berücksichtigt werden müssen. Während einer Pause τ_{i-1} , z.B. bei der Balise P_{i-1} , beträgt die Vertikalbewegung, um die der Höhenunterschied ΔH_{i-1}^i zu verbessern ist, $z_{i-1}\tau_{i-1}$. Darüberhinaus werden Pausen τ_p auch bei Punkten P_p zwischen den Balisen auftreten, für die die vertikalen Bewegungsgeschwindigkeiten normalerweise nicht bestimmt wurden. In diesen Fällen kann eine iterative Lösung zum Ziel führen. Zunächst ist die Geschwindigkeit z_i der dem Ruhepunkt P_p folgenden Balise P_i näherungsweise zu bestimmen, die gesuchte Vertikalgeschwindigkeit z_p kann dann, auf Grund der Entfernung von den beiden benachbarten Pegeln, interpoliert und die Vertikalbewegung $z_p\tau_p$ gerechnet werden. Mit dem um $z_p\tau_p$ verbesserten Höhenunterschied kann z_i erneut bestimmt werden.

Bei einer Pause τ_p auf einem Punkt zwischen zwei Balisen muß außerdem die Zeit τ_p von der tatsächlichen Zeit ΔT_{i-1}^i abgezogen werden, um der Voraussetzung des gleichmäßigen Arbeitsforschritts Rechnung zu tragen.

Damit ergibt sich die endgültige, auf T_o reduzierte und wegen der Pausen korrigierte Reduktion

$$\Delta \bar{H}_{i-1}^i = - \Delta z_{i-1}^i \left(\frac{\Delta T_{i-1}^i - \tau_p}{2} + \Delta T_o^{i-1} \right) + z_p \tau_p + z_{i-1} \tau_{i-1}$$

oder, da evtl. mehrere Pausen im Abschnitt $P_{i-1} - P_i$ zu berücksichtigen sind,

$$\Delta \bar{H}_{i-1}^i = \frac{1}{2} \Delta z_{i-1}^i (\Delta T_{i-1}^i + 2 \Delta T_o^{i-1}) + \sum_{p=i-1}^i \left[\tau_p \left(z_p + \frac{z_i - z_{i-1}}{2} \right) \right] + z_{i-1} \tau_{i-1}. \quad (18)$$

1.2.3 Reduktion des Gesamthöhenunterschieds

Nach (9) ergibt sich der Gesamthöhenunterschied als Summe der Einzelhöhenunterschiede und die Reduktion entsprechend als Summe der Reduktionen der Einzelhöhenunterschiede ΔH_{i-1}^i . Summieren wir nach (18), so erhalten wir

$$\begin{aligned} \Delta H_o^i = \sum_{j=1}^i \Delta H_{j-1}^j &= - \frac{1}{2} \sum_{j=1}^i \Delta z_{j-1}^j (\Delta T_o^j + \Delta T_o^{j-1} + \sum_{j=1}^i z_{j-1} \tau_{j-1} \\ &+ \sum_{j=1}^i \sum_{p=j-1}^i \left(z_p + \frac{\Delta z_{j-1}^j}{2} \right) \tau_p). \end{aligned} \quad (19)$$

Mit (19) wird die Reduktion des Höhenunterschieds ΔH_o^i auf die Zeit T_o gewonnen, weiter werden mit (6) die reduzierte Höhe H_i^r , mit (7) und (8) die Vertikalbewegung h_i^r und die vertikale Geschwindigkeitskomponente z_i^r erhalten.

1.3 Relativbewegungen zur vorangebenden Balise

Ein zweites, dem im vorangegangenen Abschnitt 1.2 beschriebenen Verfahren gleichwertiges Rechenverfahren, das speziell zur Berechnung der relativen Vertikalbewegungen gegen den vorausgegangenen Balisenfußpunkt dient, soll im folgenden kurz dargestellt werden.

Zur Berechnung der Relativbewegungen werden die auf T_{i-1} reduzierten Höhenunterschiede ΔH_{i-1}^{ir} verwendet und nicht die auf T_o reduzierten Höhen H_i^r . Die Differenzen dieser Höhenunterschiede zwischen der Erst- und Wiederholungsmessung sind gleich den relativen Vertikalbewegungen des Punktes P_i in Bezug auf P_{i-1} in der Zeit $\Delta T_{i-1} = (T_{i-1}' - T_{i-1})$,

$$\begin{aligned} \frac{\Delta H_{i-1}^{ir}}{(T_{i-1})} - \frac{\Delta H_{i-1}^{ir}}{(T_{i-1})} &= h_{i-1}^{ir} = \Delta z_{i-1}^{ir} \Delta T_{i-1} \\ &= \Delta H_{i-1}^i - \Delta H_{i-1}^i + \frac{\Delta \bar{H}_{i-1}^i - \Delta \bar{H}_{i-1}^i}{(T_{i-1})} - \frac{\Delta \bar{H}_{i-1}^i}{(T_{i-1})}. \end{aligned} \quad (20)$$

Setzen wir in (20) für die Reduktion der Höhenunterschiede (16) ein und berücksichtigen eventuelle Pausen, so erhalten wir

$$\begin{aligned} (z_i^r - z_{i-1}^r) \Delta T_{i-1} &= \Delta H_{i-1}^i - \Delta H_{i-1}^i - \frac{z_i^r - z_{i-1}^r}{2} \Delta T_{i-1}^i + \frac{z_i^r - z_{i-1}^r}{2} \Delta T_{i-1}^i \\ &+ \sum_{p=i-1}^i \tau_p' \left(z_p' + \frac{z_i - z_{i-1}}{2} \right) - \sum_{p=i-1}^i \tau_p \left(z_p + \frac{z_i - z_{i-1}}{2} \right). \end{aligned}$$

Beschränken wir uns für die Erstmessung und die Wiederholungsmessung auf eine Pause im Abschnitt $P_{i-1} - P_i$ und lösen nach z_i auf, dann erhalten wir

$$z_i^r = z_{i-1}^r + 2 \frac{\Delta H_{i-1}^i - \Delta H_{i-1}^i + z_p' \tau_p' - z_p \tau_p}{(\Delta T_{i-1} + \Delta T_i - \tau_p' + \tau_p)}. \quad (21)$$

Die Pausenzeiten sind hier genauso durch Interpolation zu bestimmen wie im vorangegangenen Abschnitt.

Nach dieser Beziehung lassen sich die Bewegungsgeschwindigkeiten z_i mit wenig Aufwand berechnen, für die Berechnung der endgültigen reduzierten Höhen ist jedoch das erste Verfahren (Abschnitt 1.2) vorzuziehen.

Die Höhenänderungen im E.G.I.G.-Profil wurden nach beiden Verfahren gerechnet und die Ergebnisse verglichen (Abschnitt 2).

1.4 Genauigkeit der gerechneten Vertikalbewegungen

Zur Beurteilung der Genauigkeit, mit der die Vertikalbewegungen zu errechnen sind, werden die mittleren Fehler der h_i^r gebildet.

Setzen wir hierzu in die Gleichung (7) die Reduktionen nach (19) ein, wobei die Pausenglieder für die Genauigkeitsabschätzung vernachlässigt werden, so erhalten wir

$$h_i^r = \Delta H'_0^i - \Delta H_0^i - \frac{1}{2} \sum_{j=1}^i \Delta z_{j-1}^j (\Delta T_0^j + \Delta T_0^{j-1}) + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^i z_{j-1}^j (\Delta T'_0^j + \Delta T'_0^{j-1}). \quad (22)$$

In obiger Gleichung fassen wir die Summen zusammen und schreiben die Zeitdifferenzen ausführlich, (22) geht dann über in:

$$h_i^r = \Delta H'_0^i - \Delta H_0^i + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^i (z_j - z_{j-1}) (T_j - T_0 + T_{j-1} - T_0 - T'_j + T'_0 - T_{j-1} + T'_0).$$

Lösen wir diese Summe auf und fassen neu zusammen, so ergibt sich:

$$h_i^r = \Delta H'_0^i - \Delta H_0^i + \frac{z_i}{2} (2 \Delta T_0 - \Delta T_i - \Delta T_{i-1}) + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^{i-1} z_j (\Delta T_{j+1} - \Delta T_{j-1}).$$

Beachten wir nun noch, daß z_i nach (4) näherungsweise

$$z_i = \frac{h_i}{\Delta T_i} = \frac{\Delta H'_0^i - \Delta H_0^i}{\Delta T_i}$$

ist, dann erhalten wir mit

$$h_i^r = (\Delta H'_0^i - \Delta H_0^i) \left(1 + \frac{\Delta T_0}{\Delta T_i} - \frac{1}{2} - \frac{\Delta T_0}{2 \Delta T_{i-1}} \right) + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^{i-1} \frac{\Delta H'_0^j - \Delta H_0^j}{\Delta T_j} (\Delta T_{j+1} - \Delta T_{j-1}) \quad (23)$$

eine Beziehung auf die sich die Fehlergesetze wie üblich anwenden lassen.

Die Höhenunterschiede und alle Zeiten T seien in beiden Campagnen mit gleicher Genauigkeit gemessen worden, dann ergibt sich nach den Fehlergesetzen (GROSSMANN, 1954) für den mittleren Fehler der Vertikalbewegung h_i^r :

$$\begin{aligned}
 m^2 h_i r = & 2 \left(\frac{1}{2} + \frac{\Delta T_0}{\Delta T_i} - \frac{\Delta T_{i-1}}{2\Delta T_i} \right)^2 m^2 \Delta H_0^i + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^{i-1} \left(\frac{\Delta T_{j+1} - \Delta T_{j-1}}{\Delta T_j} \right)^2 m^2 \Delta H_0^j \\
 & \quad \textcircled{1} \qquad \qquad \qquad \textcircled{2} \\
 & + 2m_T^2 (\Delta H_0'^i - \Delta H_0^i)^2 \left(\frac{1}{\Delta T_i^2} + \frac{1}{2\Delta T_{i-1}^2} + \frac{\Delta T_0^2}{\Delta T_i^4} + \frac{\Delta T_{i-1}^2}{4\Delta T_i^4} \right) \\
 & \quad \textcircled{3} \\
 & + m_T^2 \sum_{j=1}^{i-1} \left(\frac{\Delta H_0'^j - \Delta H_0^j}{\Delta T_j} \right)^2 + \frac{1}{2} m_T^2 \sum_{j=1}^{i-1} \frac{(\Delta H_0'^j - \Delta H_0^j)^2}{\Delta T_j^4} (\Delta T_{j+1} - \Delta T_{j-1}). \\
 & \quad \textcircled{4} \qquad \qquad \qquad \textcircled{5}
 \end{aligned} \tag{24}$$

Die Größenordnung der $m_{\Delta H_0^i}$ ergibt sich aus folgende Überlegungen:

Mit $m = 100$ Latten- und Instrumentenstandpunkten zwischen den Balisen P_{i-1} und P_i ergeben sich 50 Höhenunterschiede $R-V$, die als Messungselement aufzufassen sind und deren Summe den Höhenunterschied ΔH_{i-1}^i ergibt. Ein Höhenunterschied $R-V$ wird mit einer Genauigkeit von etwa $m = \pm 3$ mm gemessen, damit wird

$$m_{\Delta H_{i-1}^i} = \pm 3\sqrt{50} \text{ mm} = \pm 21,2 \text{ mm}.$$

Das entspricht einem mittleren km-Fehler von ± 7 mm. In unserem Profil ergibt sich dann der mittlere Fehler des Höhenunterschieds zwischen P_0 und P_i bei einem Einfachnivelllement zu

$$m_{\Delta H_0^i} = \pm 21,2 \sqrt{i} \text{ mm}.$$

Da ein unabhängiges Doppelnivelllement durchgeführt wird, lässt sich der Höhenunterschied ΔH_0^i mit einer Genauigkeit von

$$m_{\Delta H_0^i} = \pm 15 \sqrt{i} \text{ mm} \tag{25}$$

erfassen.

Die Zeiten können ohne Aufwand auf ± 10 Minuten genau gemessen werden, das entspricht einem Fehler von $m_T \approx \pm 2 \cdot 10^{-5}$ Jahren.

Die Zeitdifferenzen ΔT_j seien etwa 10 Jahre, sie werden sich um Beträge unterscheiden, die in der Größenordnung von 0,1–0,2 Jahren liegen dürften, so daß $\Delta T_j \approx \Delta T_{j-1} \approx \Delta T_0$ gesetzt werden darf.

Wir wollen nun versuchen die einzelnen Glieder in (24) abzuschätzen: Mit den vorstehenden Annahmen ergibt sich das 1. Glied

$$\textcircled{1} = 2 \cdot \left(\frac{1}{2} + 1 - \frac{1}{2} \right) 225 \cdot i = 450i \text{ mm}^2.$$

Im 2. Glied wird der Quotient $\frac{\Delta T_{j+1} - \Delta T_{j-1}}{\Delta T_j} \approx 1 \cdot 10^{-2}$.

Beachten wir auch (25), so wird mit $\sum_{j=1}^i j = \frac{i(i+1)}{2}$ das 2. Glied

$$\textcircled{2} = \frac{1}{2} \cdot 10^{-4} \cdot 225 \cdot \sum_{j=1}^i j = \frac{i(i+1)}{4} 225 \cdot 10^{-4} = 0,54 \cdot i \cdot (i+1) \cdot 10^{-2} \text{ mm}^2,$$

selbst für $i = 100$ bleibt das 2. Glied um etwa zwei Zehnerpotenzen kleiner als das erste Glied. Setzen wir im 3.–5. Glied die Differenz der Höhenunterschiede in 10 Jahren etwa mit 10 m an, was für die Verhältnisse im E.G.I.G.-Profil kaum erreicht wird, so erreichen das 3. Glied mit $2,2 \cdot 10^{-3}$ und das vierte mit $4(i-1) \cdot 10^{-4}$ etwa die Größenordnung des zweiten Gliedes, während das 5. Glied mit $2(i-1) \cdot 10^{-8}$ wesentlich kleiner ist. Alle Glieder haben daher gegenüber dem 1. Glied nur untergeordnete Bedeutung und können für die Fehlerabschätzung vernachlässigt werden.

Die mittleren Fehler der Bewegungen werden somit

$$\begin{aligned} m_{h_i^r}^2 &= 450 \cdot i \text{ mm}^2 \quad \text{oder} \\ m_{h_i^r} &= \pm 21,2 \cdot \sqrt{i} \text{ mm.} \end{aligned} \tag{26}$$

Die tatsächlich erreichten Genauigkeiten werden aus den Differenzen der Doppelbeobachtungen ermittelt (JORDAN-EGGERT-KNEISSL).

1.5 Die Höhen der Schneeoberfläche bei der Erst- und Wiederholungsmessung

Bei unseren bisherigen Überlegungen waren die Höhen und Höhenunterschiede auf die Balisenfußpunkte F bezogen, d.h. die mit (7) ermittelten Höhenänderungen h_i^r stellen die Vertikalbewegungen der Fußpunkte der Balisen P_i in der Zeit ΔT_0 dar, sie sagen jedoch nichts aus über die Höhenänderungen der Schneeoberfläche und über die vertikalen Bewegungskomponenten der Eismassen in den Balisenstandpunkten der Erstmessung.

1.5.1 Berücksichtigung des Schneehöhenzuwachses

Aus den Höhen der Balisenfußpunkte ergeben sich die Höhen der Schneeoberfläche an den Balisen durch einfache Addition der Mächtigkeit der Schneeschicht zwischen Balisenfußpunkt und Schneeoberfläche. Diese Mächtigkeit der Schneeschicht wird in beiden Campagnen an den Balisen abgelesen. Die Differenz der Schichtmächtigkeiten in beiden Campagnen ist der zwischenzeitliche Schneehöhenzuwachs Δa_i . Unter dem Schneehöhenzuwachs Δa_i wird nicht die Akkumulation verstanden,

sondern, worauf hier noch einmal hingewiesen wird, nur die Differenz zweier Pegelablesungen a_i und a'_i .

Der Schneehorizont, der bei der Erstmessung der Pegelablesung entspricht, wird bei der Wiederholungsmessung seine relative Lage zum Balisenfußpunkt infolge der Setzung der lockeren Schneeschichten verändert haben. Für unser Ziel, die Höhen der Schneeoberfläche zu einem bestimmten Zeitpunkt zu ermitteln, ist diese Setzung ohne Bedeutung. Hätte man auch diese ermitteln wollen, so hätte es weiterer umfangreicher Maßnahmen bedurft.

Die Höhe der Schneeoberfläche an den Balisen bei der Erst- und der Zweitmessung werden daher:

$$H_{1i}^r = H_i^r + a_i \quad \text{und} \quad H_{2i}^r = H_i^r + a'_i \quad (27)$$

und die auf die Schneeoberflächen bezogene Höhenänderung wird zu

$$h_{2i}^r = h_i^r - \Delta a_i. \quad (28)$$

In den Gleichungen (27) und (28) sind die Höhen und Höhenänderungen auf die Zeiten T_0 und T'_0 bezogen, die Balisenablesungen a_i und a'_i und der Schneehöhenzuwachs Δa_i jedoch auf die Zeiten T_i bzw. T'_i . Diese Vernachlässigungen des Zuwachses in der Zeit ΔT_0^i zwischen der Messung an der Balise und der Bezugszeit sind in der Regel nicht zu erfassen, da gleichzeitige Balisenablesungen entlang des ganzen Profils zur Zeit T_0 notwendig wären. Die rechnerische Erfassung, durch Interpolation des Schneeauftrags Δa_i zwischen beiden Messungscampagnen auf die Zeit ΔT_0^i , ist nicht möglich, weil der Schneehöhenzuwachs durch die Setzung verändert ist und sehr stark von Jahreszeit und Witterung abhängig ist. Der Einfluß des Schneehöhenzuwachses in der Zeit ΔT_0^i wird in der Regel nahezu verschwinden.

1.5.2 Balisenwanderung

Unsere Höhenbezugspunkte, die Balisen, machen die Eisbewegungen entlang der geneigten Oberfläche mit. Dabei ist, neben den horizontalen Bewegungskomponenten, eine Vertikalkomponente wirksam, die von der Oberflächenneigung abhängig ist und den Einfluß der Vertikalbewegung der Eismasse sowie des Schneehöhenzuwachses verfälschend überlagert.

Den Einfluß der Balisenwanderung kann man durch örtliche Messungen oder auch graphisch-rechnerisch erfassen. Beides setzt die Kenntnis der horizontalen Bewegungskomponenten voraus.

Während der Meßcampagne können die Balisenstandpunkte der Erstmessung, von der Balise bei der Wiederholungsmessung ausgehend,

durch polares Anhängen in der Richtung der Bewegung (d_i) mit dem Betrag der Bewegung d_i bestimmt werden.

Wird nun die Schneeoberfläche an dem neubestimmten Punkt in das Nivellement einbezogen, so ist der Einfluß der Balisenwanderung ausgeschaltet und der direkte Vergleich mit der Schneehöhe an der Balise bei der Erstmessung möglich.

Wenn die Absteckung der Punkte der Erstmessung im Felde nicht möglich war, so kann eine graphische Auswertung wenigstens genäherte Werte des Einflusses der Balisenwanderung geben. Das Nivellementsprofil der Wiederholungsmessung ist zunächst punktweise zu zeichnen. Die Projektion des Balisenstandpunktes der Erstmessung auf das Profil läßt eine genäherte Höhe für diesen Punkt interpolieren. Der Vergleich mit der Schneehöhe am Balisenstandpunkt der Wiederholungsmessung ergibt den Einfluß der Balisenwanderung. Bei dieser Methode wird allerdings die Geländeneigung quer zum Profil vernachlässigt.

Die Höhe H'_{1i}^r der Schneeoberfläche am Balisenstandpunkt der Erstmessung ergibt sich mit dem gemessenen Höhenunterschied ΔH_{1i}^{2i} zu

$$H'_{1i}^r = H'_{2i}^r + \Delta H_{1i}^{2i} \quad (29)$$

oder mit dem graphischen entnommenen Höhenunterschied

$$H'_{1i}^r = H'_{2i}^r + d_i \operatorname{tg} \varepsilon_i \quad (29a)$$

wenn ε_i die Oberflächenneigung in Punkt P_i ist.

Die Genauigkeit der Bestimmung der Schneehöhe am Punkt der Erstmessung ist von der Genauigkeit der Berechnung der Lageänderungen und der Absteckung abhängig.

$$m^2 H'_{1i} = m^2 H'_{2i} + (\operatorname{tg}^2 \varepsilon_i) m^2 d_i. \quad (30)$$

Der Einfluß der Lageunsicherheit wird oft größer werden als der Nivellementsfehler, was folgende Abschätzung zeigen mag. Für eine Lageunsicherheit von $m_{d_i} \approx \pm 10$ m und einer Geländeneigung von etwa 1% ($\operatorname{tg} \varepsilon = 0,01$) wird mit (25) $m^2 H'_{1i} = (225 i + 10000) \text{ mm}^2$.

Für $i = 50$ ergeben sich der Nivellementsfehler und der Einfluß der Lageunsicherheit etwa in gleicher Größenordnung.

1.5.3. Die Vertikalbewegungen

Für die am Balisenstandpunkt der Erstmessung zwischen beiden Campagnen auftretende Differenz, die gesuchte Höhenänderung der Schneeoberfläche h_{1i}^r , gilt:

$$h_{1i}^r = H'_{1i}^r - H_{1i}^r. \quad (31)$$

2*

Diese Höhenänderungen h_{1i}^r geben, über das ganze Profil betrachtet, ein Bild der Form- und Massenveränderung des Inlandeises. Wir können sie uns i.a. aus zwei Komponenten zusammengesetzt denken, einmal aus der in der Regel negativen, in der Lotlinie nach unten gerichteten, eigentlichen Vertikalbewegung der Eismasse h_{zi} , zum andern aus dem im größten Teil des Profils positiv wirkenden Schneehöhenzuwachs Δa_i . Die Bewegungen der Eismasse erhalten wir daher aus

$$h_{zi}^r = h_{1i}^r - \Delta a_i \quad (32)$$

und die Geschwindigkeit Z_i^r dieser Bewegungen aus

$$Z_i^r = \frac{h_{zi}^r}{\Delta T_0} = \frac{h_{1i}^r - \Delta a_i}{\Delta T_0}. \quad (33)$$

Die damit gerechneten Geschwindigkeiten Z_i^r werden noch durch nicht mehr erfaßbare Setzungen des Firns, die auch in Schichten unterhalb der Schneehöhe a_i der Erstmessung stattfinden und in gleicher Richtung wirken, verfälschend überlagert.

1.6 Höhenänderungen durch Wellenbewegung

Im vorhergehenden Abschnitt wurde bewußt davon abgesehen, auf einen hier gesondert betrachteten weiteren, unter Umständen sehr großen Einfluß auf die Höhenänderungen durch Wellen hinzuweisen, die sich der Bewegung der Eisoberfläche überlagern und sich mit bis zu 5-facher Geschwindigkeit der Oberflächenbewegung fortbewegen (kinematische Wellen). Die Verfälschungen durch diese Wellen haben einen rein örtlichen Charakter und wirken sich nicht auf den Profilverlauf im Großen aus, andererseits sind sie aus glaziologischer Sicht von besonderem Interesse.

Das Vorhandensein solcher Wellen wird wohl nur dann eindeutig zu klären sein, wenn dies nach genauer Zuordnung entsprechender Oberflächenpunkte P_i und P'_{1i} beider Campagnen klar erkennbar ist, wenn z.B. P_i wie in Abb. 3 am Hang, P'_{1i} dagegen auf einem Wellenberg liegt. Dazu müssen diejenigen Punkte beider Profile, die gleichen Abstand vom Festpunkt P_1 , d.h. die die gleichen Längskoordinaten L und L' haben, so einander zugeordnet werden, daß sie in einer Lotlinie übereinander liegen.

Die Höhenänderung $h_{1i}^r = P_i - P'_{1i}$ ergibt sich dann aus (31) und für die Punkte zwischen den Balisen durch Abgreifen aus der graphischen Darstellung.

Die auf diese Weise ermittelte Höhenänderung h_{1i}^r enthält den Einfluß der Wellenfortbewegung. Wäre nur diese Wellenbewegung wirk-

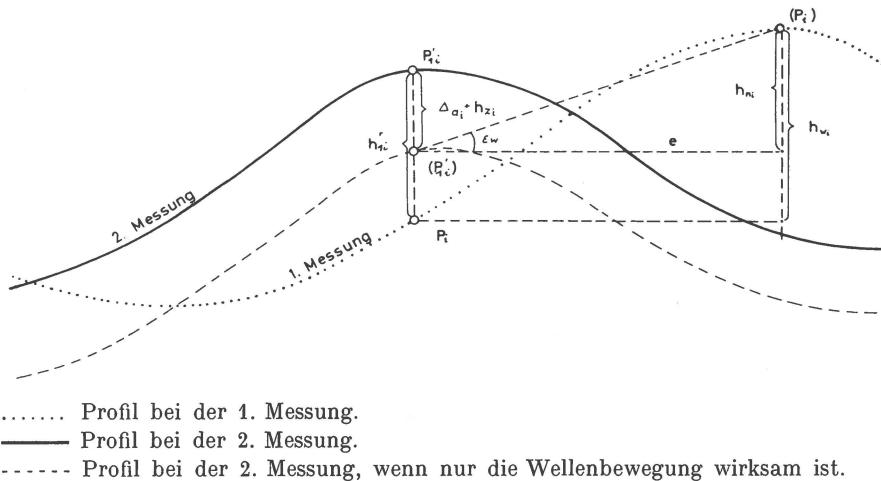


Abb. 3. Die Höhenänderungen durch Wellenbewegung.

sam ohne den Schneehöhenzuwachs Δa_i und die Vertikalbewegung h_{z_i} der Eismasse, so würde der Punkt P_i in der zeiten Campagne nach (P'_{1i}) zu liegen kommen. Die Höhenänderung $P_i - (P'_{1i})$, die er dann erfahren würde, ist abhängig von der Form der Welle (Wellenlänge und Amplitude) und der mittleren Geländeneigung. Nennen wir den Einfluß der Form der Welle h_{w_i} und den Einfluß der Neigung h_{n_i} , dann gilt nach Abb. 3

$$P_i - (P'_{1i}) = h_{w_i} - h_{n_i}. \quad (34)$$

Wenn die Punkte ihre relative Lage zur Welle beibehalten, d.h. wenn sie die Wellenbewegung mitmachen würden, dann wäre der Punkt (P_i) der Erstmessung bei der Wiederholungsmessung in den Punkt (P'_{1i}) gelangt.

Die Strecke e , die Horizontalkomponente der Verschiebung $(P_i) - (P'_{1i})$, und die mittlere Geländeneigung ε_w lassen den Einfluß $h_{n_i} = e \operatorname{tg} \varepsilon_w$ berechnen. Die Größen e , ε_w und der Einfluß der Wellenform auf die Höhenänderung h_{w_i} sind aus dem Profilvergleich der beiden Campagnen graphisch zu ermitteln.

Damit können die aus der Rechnung hervorgegangenen Höhenänderungen h'_{1i} um den Einfluß der Wellenbewegung verbessert werden. Nach Abb. 3 wird (32) erweitert zu:

$$h_{z_i} = h'_{1i} - \Delta a_i - h_{w_i} + h_{n_i}. \quad (35)$$

Abschließend sei bemerkt, daß der Vergleich der Höhen an den Balisen der E.G.I.G. 1959 und 1968 keine Hinweise auf das Vorhandensein kinematischer Wellen ergeben hat. Zum Nachweis solcher Wellen müßten, nach sehr viel dichterer Balisenvermarkung, zusätzliche Messungen und Wiederholungen vorgenommen werden. Aus dem graphischen

Vergleich der beiden Gesamt-Profile 1959 und 1968 lassen sich an wenigen Stellen Wellenbewegungen vermuten, doch sind sie so wenig ausgeprägt, daß keine detaillierten Angaben gewonnen werden können.

2. DIE HÖHENÄNDERUNGEN IM E.G.I.G.-PROFIL IN GRÖNLAND ZWISCHEN 1959 UND 1968

Die Berechnung der Höhenänderungen bzw. Vertikalbewegungen entlang des E.G.I.G.-Profils in Grönland wurde mit den Ergebnissen der geometrischen Nivellements von 1959 und 1968 nach den Beziehungen, die im Abschnitt 1 abgeleitet sind, durchgeführt. Die Meßwerte für das Nivellement 1959 sind dem Bericht von MÄLZER 1964 entnommen, der in den E.G.I.G.-Publikationen Vol. 3 Nr. 1 erschienen ist. In der gleichen Veröffentlichungsreihe in Vol. 3 Nr. 3 und 4 erscheinen von SECKEL und PENNEC die Ergebnisse des Nivellements 1968.

2.1 Messungszeiten

Für die Berechnung der Vertikalbewegungen sind die Kenntnis der Zeiten zwischen zwei Messungen und die Zeiten der Pausen an einem Punkt erforderlich. Die genauen Messungszeiten beider Expeditionen sind in den Tabellen 1 für 1959 und 2 für 1968 zusammengestellt. Sie sind unmittelbar den Feldbüchern und Tagebüchern von 1959 und 1968 entnommen. Die Tabellen a enthalten die Zeitpunkte der Messungen auf dem Profilteilstück zwischen Anschluß im Fels und T43, die Tabellen b die Zeiten des Teilstücks T43-T53 das im Jahre 1968 von der Nivellementsgruppe B gemessen wurde. Aufenthalte an einem Punkt wurden nur dann berücksichtigt, wenn sie mindestens 3 Stunden dauerten.

Die Tabellen sind entsprechend dem Zeitablauf 1959 zusammengestellt. Zunächst sind die Zeiten von Camp-Séismique bis A14 mitgeteilt, dann folgen die Zeiten von Camp-Séismique bis T53. Da die Messungen 1968 auf dem Abschnitt der Gruppe Niv. B von Ost nach West durchgeführt wurden, nehmen die Zeiten in Tabelle 2b von T43 über T53 nach Cecilia Nunatak jedoch ab.

2.2 Schneehöhenzuwachs

In Abschnitt 1.5.1 wurde die Bedeutung des Schneehöhenzuwachses für die Höhenänderungen erläutert. Der Schneehöhenzuwachs wird berechnet aus den Pegelablesungen der Jahre 1959 und 1968, die in den Tabellen 3a und 3b zusammengestellt sind.

Bei den Pegeln in der westlichen Ablationszone (BK 1 – K 0) sind die Ablesungen auf die Tetraederspitze bezogen, da nicht festgelegt

werden konnte, wie tief der Pegel im Schnee steckt. Für alle anderen Punkte sind die Pegelablesungen auf den Fußpunkt bezogen.

Im Jahre 1959 waren alle Pegel (Balisen) neu eingesetzt worden, sie standen alle senkrecht. Im Jahre 1968 beziehen sich die Pegelablesungen jedoch auf die geneigte Balise. Die Ablesungen wurden mit der gemessenen Neigung in die Vertikale projiziert.

Die Pegel wurden in Zuge des Nivellements abgelesen. Die Neigungen sind durch Abloten der Balisen spitze auf die Schneeoberfläche und Messung des Abstandes vom Lotpunkt zur Balisenmitte bestimmt. Auf dem Profilstück T43–T53 wurden die klinometrischen Messungen und Pegelablesungen der schweizerischen Glaziologengruppe (FEDERER, v. SURY, BECK) verwendet. An den Werten des Schneehöhenzuwaches Δa_i der Differenz der Pegelablesungen a und a' (Spalte 6) ist keine Setzungskorrektion angebracht.

Die mittleren jährlichen Zuwachswerte in den Jahren 1959 und 1968 sind den Werten von 1960–1964 gegenübergestellt. Diese Werte sind von PFROMMER (1964) gemessen worden.

Die relativen prozentualen Unterschiede 1959–1968 und 1960–1964 sind im Ablationsgebiet etwa 15%. Diese Erscheinung ist auf das sehr schneereiche Jahr 1968 und die erst nach den Messungen eintretende Schneeschmelze im Jahre 1968 zurückzuführen.

2.3 Vorläufige Vertikalbewegungen

Sowohl die Messungen 1959 als auch die Messungen 1968 wurden nach 2 Verfahren durchgeführt. Im Westen wurde der Anschluß an den Festpunkt A14 im Fels durch Fußnivelllement hergestellt, während die eigentliche Profilmessung über das Inlandeis durch motorisiertes Nivelllement erfolgte. Die beiden im äußeren Ablauf sehr unterschiedlichen Teile sind in der eigentlichen Meßmethode insofern gleichwertig, als in beiden Fällen der Höhenunterschied zwischen 2 Latten mit 2 Instrumenten bestimmt wurde und eine Stabilitätskontrolle über einen Kontrollstab erfolgte.

Der Anschluß des Weaselnivellements an das Fußnivelllement erfolgte 1959 an der Balise Niv. in Camp Séismique, im Jahre 1968 jedoch etwa 11 km westlich dieser Stelle bei Niv. Pkt. III. Da die Balise Niv. des Jahres 1959 (Camp Seismique) im Jahre 1968 nicht mehr aufgefunden werden konnte, ist für die Bewegungsbestimmungen im Westabschnitt das Teilstück »Fußnivelllement« bis zur Balise T301, der ersten 1959 und 1968 angemessenen Balise des »Weaselnivellements«, ausgedehnt.

Im Bereich des Fußnivellements (A14 – Camp Séismique ~ 60 km mit einem Höhenunterschied $\Delta H = 790$ m) ist es in der stark bewegten Inlandeisrandzone erwünscht, die Höhen möglichst vieler Punkte zu kennen und wiederholt zu bestimmen.

Von den 11 im Mai 1959 durch Nivellement höhenmäßig bestimmten Punkte konnten 9 im Jahre 1968 wiedergefunden und angemessen werden, (Camp Séismique Bal. Niv. und BK 7 fehlen) daneben wurden 12 Punkte, die 1959 nach dem Nivellement von BAUER (1968) im August 1959 gesetzt und trigonometrisch bestimmt worden waren, an das Nivellement 1968 angeschlossen. Die Höhen dieser Punkte bezogen auf Mai 1958 wurden in Tabelle 4 gerechnet. Die Werte in Tabelle 4 sind entnommen aus BAUER (1968) und MÄLZER (1964). Die in Klammern gesetzten Werte sind proportional den Entfernung interpoliert. Die Entfernung wurden auf der Karte Küstentriangulation von BAUER (1968) abgegriffen.

Aus dem Vergleich der vorläufigen Höhen H_i und H'_i , die aus den Nivellements berechnungen gewonnen werden, erhalten wir nach (3) die Vertikalbewegungen, die auf die Zeit zwischen den beiden Campagnen bezogen, die Geschwindigkeiten der Vertikalbewegung ergeben.

Die vorläufigen vertikalen Bewegungsgeschwindigkeiten und die dazu erforderlichen Daten sind in Tabelle 5 für das Fußnivelllement und Tabelle 6 für das Weaselnivelllement zusammengestellt.

Die Höhenunterschiede zwischen den Höhenmarken, die im Mai 1959 durch Nivellement bestimmt wurden, sind im Abschnitt Fußnivelllement nicht zur Berechnung der Vertikalbewegungen verwendet worden, es fehlen daher die Spalten (4) und (8) in der Tabelle 5.

Der Einfluß auf die Vertikalbewegung, der von der Bewegung der Balisen entlang der geneigten Oberfläche herrührt, läßt sich durch Wiederherstellen der Punktlage der Erstmessung eliminieren. Diese Wiederbestimmung der Punktlage der Erstmessung ist für den Bereich des Fußnivelllements A14-TO nicht erfolgt, weil in diesem Gebiet für die Lagemessung weder 1959 noch 1967 die Höhenpunkte verwendet wurden und daher auch keine Berechnung der horizontalen Bewegungsvektoren der Höhenpunkte möglich war. Auf dem übrigen Profil zwischen TO und T53 standen die 1967 durch die Gruppe Lagemessung bestimmten horizontalen Bewegungsvektoren zur Verfügung. In diesem Teil wurden die Punktlagen der Balisen des Jahres 1959 wiederhergestellt und die Schneeoberfläche höhenmäßig bestimmt (H'_{1i}). Die den Nivellementsgruppen 1968 mitgegebenen vorläufigen Werte haben sich durch die endgültige Berechnung der horizontalen Verschiebungsvektoren geändert. Die Höhen H'_{1i} sind zwischen TO und T53 daher graphisch ermittelt worden. (Siehe Abschnitt 2.3.3 in Vol. 3 Nr. 3). In Tabelle 6 (Spalte 7) steht, im Gegensatz zu Tabelle 5, nicht die Schneehöhe am Balisenstandpunkt der Zweitmessung 1968 (H'_{2i}), sondern die graphisch ermittelte Schneehöhe am wiederbestimmten Balisenstandpunkt der Erstmessung 1959 (H'_{1i}).

Entsprechend unterscheiden sich auch die Bewegungen und Geschwindigkeiten in den Spalten (10)–(12) und (14)–(16) der Tabellen 5 und 6.

In Spalte (10) sind die Vertikalbewegungen und in Spalte (14) die dazugehörigen Geschwindigkeiten eines bestimmten Balisenpunktes (Fußpunkt oder Tetraederspitze) gerechnet.

In Spalte (11) beziehen sich die Bewegungen und in Spalte (15) die Vertikalgeschwindigkeiten für den Abschnitt Fußnivellelement auf die Schneehöhe an der Balise (Tabelle 5), bzw. für den Abschnitt Weasel-nivellelement auf die Schneehöhe am Balisenstandpunkt der Erstmessung (Tabelle 6). Berücksichtigt man die Schneehöhenzuwachsraten, so entstehen die Spalten (12) und (16), sie enthalten die Vertikalbewegungen eines Balisenfußpunktes, wenn keine horizontale Verschiebung stattfindet.

Für den Abschnitt Fußnivellelement konnten die Werte dieser beiden Spalten (12) und (16), wegen der fehlenden Horizontalkomponente der Bewegungen, nicht gerechnet werden, sie fehlen in Tabelle 5.

2.4 Berechnung der Reduktionen

Um die durch normale Nivellements berechnung, d.h. ohne Berücksichtigung der Bewegungen während der Campagnen 1959 und 1968, ermittelten Höhen der Balisen auf einen gemeinsamen Zeitpunkt umzurechnen, mußten Reduktionen angebracht werden. Diese Reduktionen sind nach der Beziehung 19 in den Tabellen 7 (Fußnivellelement) und 8 (Weasel-nivellelement) gerechnet.

Die Bezugszeiten sind der 23. Mai 1959 13.00 Uhr und der 20. Mai 1968 17.00 Uhr, die jeweiligen Zeiten der Ankunft bei dem Festpunkt A14.

Für die Berechnung der Reduktionen war es erforderlich, die Bewegungsgeschwindigkeiten z_p an den Ruhepunkten zu kennen. In der Regel wurden die z_p aus den vorläufigen Bewegungsgeschwindigkeiten z_i an den Balisen (Tabelle 5 und 6 Spalte 14) durch Interpolation proportional den Entfernung bestimmt. Sie sind in den Tabellen 7 und 8 mit * gekennzeichnet. In dem westlichen Profilteil zwischen A14 und TO ließ sich dieses Verfahren nicht mehr anwenden. Die stark wechselnden topographischen Gegebenheiten würden hier das Ergebnis zu sehr beeinflussen. So sind z.B. die großen Vertikalbewegungen bei T301 durch die Lage der Balise an einem steilen Hang hervorgerufen worden (siehe Abb. 5). Die entfernungsproportionale Interpolation hätte – besonders im Gebiet des Camp-Seismique – daher sicher zu großen Bewegungen ergeben. Für diesen Profilabschnitt wurde das folgende Verfahren benutzt:

Aus den Werten der horizontalen Bewegungen d bei A14 (an der Moräne $d \sim 144$ m in 9 Jahren nach BAUER (1968)) bei K3 ($d \sim 710$ m in 9 Jahren nach BAUER (1968)) und bei TO ($d \sim 1182$ m in 9 Jahren nach HOFMANN, NOTTARP (1977)) ließen sich die Horizontalbewegungen der Punkte, an welchen eine Messungspause eintrat, entfernungsproportional interpolieren. Mit der Neigung der Geländeoberfläche, die aus den Profilzeichnungen 1959 und 1968 für den jeweiligen Pausenpunkt entnommen

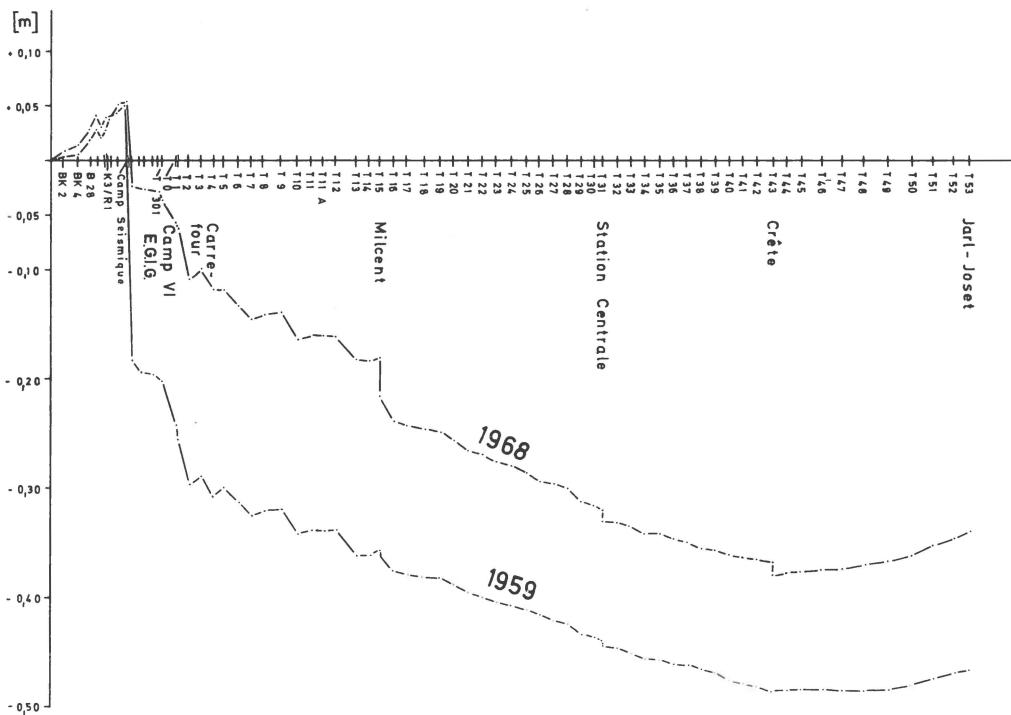


Abb. 4. Reduktion der Höhen auf die jeweiligen Bezugszeitpunkte T_0 und T'_0 (berechnet nach (19)) ($T_0 = 23.5.1959$ 13 Uhr, $T'_0 = 20.5.1968$ 17 Uhr).

wurden, konnten dann die vertikalen Bewegungsgeschwindigkeiten gerechnet werden. Das Ergebnis kann keine hohe Genauigkeit beanspruchen, da sich die beiden Werte der Horizontalbewegungen bei A14 bzw. K3 und TO auf 2 verschiedene 9-Jahres-Perioden beziehen und die Abnahme der Bewegung von TO nach K3 proportional der Entfernung vorausgesetzt wird. Diese Annahme bedingt einen Fehleranteil der gerechneten Vertikalbewegungen, der etwa die Größenordnung von 10–15% dieser Bewegungen erreicht, das entspricht z.B. bei T301 bei einer Vertikalbewegung von ca. 43 m einem maximalen Fehler von ± 5 m, in der Regel dürfte der Fehleranteil jedoch unter 1 m liegen.

Die Berechnung der Reduktionen der Höhen ist in den Spalten (3)–(18) der Tabellen 7 und 8 erfolgt. Das Ergebnis ist in Spalte (19) für 1959 in Spalte (20) für 1968 enthalten und in Abbildung 4 dargestellt.

Die Reduktionen in Abbildung 4 sind zunächst positiv, weil die Messungszeiten von Camp Séismique bis A14 vor der Bezugszeit liegen. In Camp Séismique erfolgte nach 17 bzw. 16 Tagen der Nivellementsanschluß für die Messung über das Inlandeis. Diese Zeitspanne bedingt den starken Abfall der beiden Kurven für 1959 und 1968. Der große Unterschied von 16 cm zwischen 1959 und 1968 ist auf die ungünstige Lage des Anschlußpunktes »Balise Niv.« im Jahre 1959 zurückzuführen.

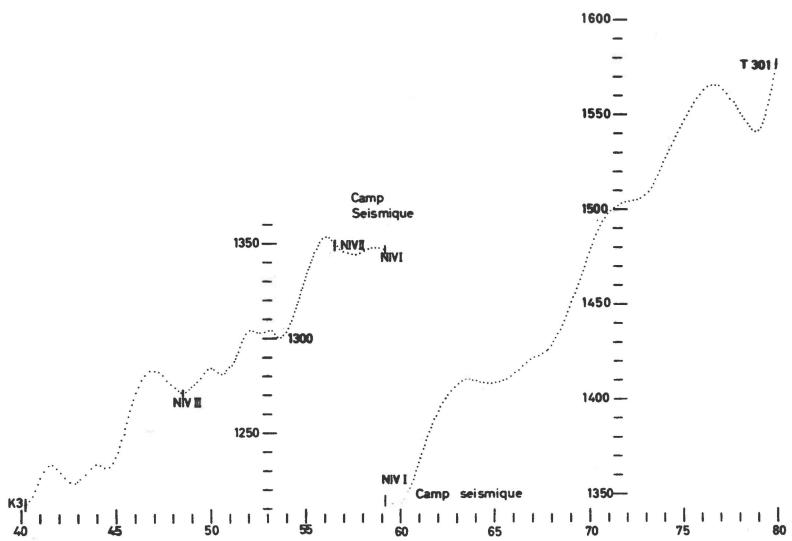


Abb. 5. Höhenprofil Niv. III – T 301.

»Balise Niv.« lag im Jahre 1959 an einem Steilhang (siehe Abb. 5), während der Anschlußpunkt 1968 »Niv. Pkt. I« vor einem flachen Anstieg lag. In der Zeit zwischen dem Beginn des Fußnivellements und dem Anschluß des Weaselnivellements hat sich, bei gleicher Bewegung nach Westen, der Anschlußpunkt 1959 mit 23 cm höhenmäßig wesentlich stärker verändert, als der Punkt 1968 mit etwa 7 cm.

Als deutliche Sprünge im Reduktionsverlauf sind die Ruhezeiten bei Milcent (T15), Station Centrale (T31) und Crete (T43) zu erkennen. Diese Zeiten ohne Nivellements waren zum Teil durch Motorschäden und Verpflegungsübernahme, im Jahre 1968 jedoch hauptsächlich durch andere geodätische Messungen an diesen Punkten bedingt.

2.5 Berechnung der Vertikalbewegungen, Vertikalgeschwindigkeiten und reduzierten Höhen

Aus den in Abschnitt 2.4 Tabellen 7 und 8, Spalten (19) und (20) berechneten Reduktionen sind nun nach Gleichung (7) in Spalte (22) die Vertikalbewegungen h_i^r , nach Gleichung (8) die Vertikalgeschwindigkeiten z_i^r in Spalte (23) und die reduzierten Höhen in den Spalten (25) und (26) nach der Gleichung (6) gerechnet.

Die Vertikalgeschwindigkeiten wurden ein zweites Mal nach dem in Abschnitt 1.3 gezeigten Verfahren (Formel (21)) gerechnet. Dieses Verfahren verwendet die Höhenunterschiede zwischen zwei Balisen (Tabelle 6, Spalte (4) und (8)) und deren Differenz in den beiden Campagnen. Da für den Bereich des Fußnivellements diese Höhenunterschiede nur an wenigen Punkten bekannt sind, wurden hier als Ersatz die Höhenunterschiede der Schneehöhen an den Balisen verwendet

(Tabelle 5, Spalten (5) und (9), die Spalten (4) und (8) fehlen daher). Diese zweite Berechnung diente zur Kontrolle der Erstberechnung. Die Zweitberechnung ist etwas ungenauer als die Erstberechnung, weil sich hier Rechenungsaugkeiten und Rundungsfehler ungünstig addieren.

2.6 Höhenänderungen der Schneeoberfläche an den Balisenstandpunkten der Erstmessung 1959

Das letztlich interessierende Ergebnis der wiederholten Höhenmessungen sind die Höhenänderungen an den Balisenstandpunkten der Erstmessung 1959. Da im westlichen Profilabschnitt zwischen A14 und TO die horizontalen Bewegungsvektoren nicht bestimmt worden sind (siehe auch 2.3), konnte der Einfluß der horizontalen Bewegungen nicht berücksichtigt werden.

Die in der Tabelle 7 gerechneten Höhenänderungen und Vertikalgeschwindigkeiten sind um den Einfluß der Bewegungen entlang der geneigten Oberfläche verfälscht. In Tabelle 9 wurde nun der Versuch gemacht, auf Grund der von BAUER (1968) bestimmten Geschwindigkeiten und der Neigungen aus der Profilkartierung diesen Einfluß zu eliminieren.

Dazu wurden die Höhenänderungen wegen der Geländeneigung für die Balisenpunkte, nach dem im Abschnitt 2.4 beschriebenen Verfahren zur Bestimmung der Vertikalbewegungen an den Punkten mit Messungspausen, ermittelt (Tab. 9 Spalte (4)).

Die Ergebnisse des Versuchs – h_{zi}^r und Z_i^r in den Spalten (6) und (7) – zeigen, wie befürchtet wurde, so große Unsicherheiten, daß ihnen keine große Bedeutung zukommt. Als Gründe für diese Unsicherheiten sind zu nennen:

- 1.) Die Unregelmäßigkeiten der Topographie im Ablationsgebiet und die davon abhängige Regellosigkeit der Bewegungsvorgänge konnten im Rahmen der Expeditionen 1959 und 1968 nicht erfaßt werden.
- 2.) Die Geländeneigung in der Profilkartierung (Nivellementsweg) entspricht nicht der Neigung entlang des Verschiebungsweges der Balisen.

Für den Profilabschnitt A14–T301 sind die Ergebnisse daher in der Abbildung 6a nicht enthalten und in Abbildung 6b (Nebenzeichnung) nur angedeutet.

Für den Abschnitt TO–T53 sind die Höhenänderungen h_{1i}^r der Schneeoberfläche an den Balisenstandpunkten 1959 in der Tabelle 10 (Spalte 7) zusammengestellt und in Abbildung 6a (linke Skala) graphisch dargestellt. Zur Glättung der gezackten Linie (+) wurden die Mittelwerte (·) aus jeweils 5 benachbarten Werten eingetragen und aus der Streuung der Einzelwerte gegenüber diesem Mittel, unter Berücksichtigung der Steigung, ein Fehlersum berechnet.

Die Höhenänderungen h_{1i}^r resultieren aus der eigentlichen Vertikal-

bewegung der Eismasse h_{z_i} und dem Schneehöhenzuwachs Δa_i (nach (32)):

$$h_{1i}^r = h_{z_i}^r + \Delta a_i.$$

Der Einfluß des Schneehöhenzuwachses ist in Tabelle 10 (Spalte 8) und in Abbildung 6b (linke Skala) berücksichtigt. Neben den Höhenänderungen eines bestimmten Schneehorizonts infolge der Vertikalbewegungen (h_{z_i}) sind wieder die Mittel aus fünf Nachbarpunkten, der Fehlerbaum und außerdem der Schneehöhenzuwachs Δa_i mit gegenüber h_{z_i} umgekehrten Vorzeichen eingetragen.

Die Unterschiede in den Höhenänderungen benachbarter Punkte sind zum Teil auf die starke Streuung des Schneehöhenzuwachses zurückzuführen.

So können z.B. die relativen Maxima bei T11A und T23 in Abbildung 6a aus Maximalwerten der Schneehöhenzuwachslinie erklärt werden, die relativen Minima bei T12 und T28 jedoch nicht.

Auffällig sind die Maximalwerte an den Stationen T15, T23, T31 und T43. Es handelt sich hierbei um Stationen mit Material- und Verpflegungslagern. Durch den längeren Aufenthalt der verschiedenen Gruppen an diesen Punkten ist möglicherweise die Schneeeoberfläche in der Umgebung stark gestört, so daß den Maximalwerten der Höhenänderung an diesen Stellen eine größere Unsicherheit zugeordnet werden muß.

Nach sehr stark streuenden Werten im westlichen Ablationsgebiet, wo eindeutige Aussagen nicht möglich sind, ist zunächst eine Höhenabnahme zu erkennen (TO bis T2). Nach dem Durchgang durch die Nulllinie steigt der Höhenzuwachs von T2 bis T5 rasch an und ist dann bis etwa T43 nahezu gleichbleibend bei ca. +0,9 m/9 Jahren, wobei nach Osten gegen T43 eine leichte Abnahme des Höhenzuwachses festzustellen ist. Östlich T43 ergibt sich eine starke Abnahme der Höhenänderung. Die Nulllinie, der Übergang von Höhenzuwachs zu Höhenabnahme, wird bereits kurz vor T47 erreicht (Schnittpunkt der Linien in Abb. 6b). Die Abnahme der Höhen erreicht beim Endpunkt des untersuchten Profilstück bei T53 mehr als 1 m in 9 Jahren.

Der Vergleich der punktweise kartierten Höhenprofile (Anlage 1) zeigt, daß die Wellen der Schneeeoberfläche nahezu stationär sind. An einigen Stellen könnte man Verschiebungen der Wellen vermuten (z.B. T6-T7, T8-T9, und westlich TO).

An diesen Stellen traten aber größere Unterschiede der Trassen 1968 gegenüber 1959 auf, die diese vorgetäuschten Verschiebungen erklären können.

Die Höhenprofile sind mit den nicht reduzierten Werten der Nivellements 1959 und 1968 gezeichnet. Der Schnittpunkt beider Profile, der Übergang von Höhenzunahme zu Höhenabnahme (Nulllinie), erscheint zwischen T45 und T46. Da zwischen den Reduktionen 1959 und 1968

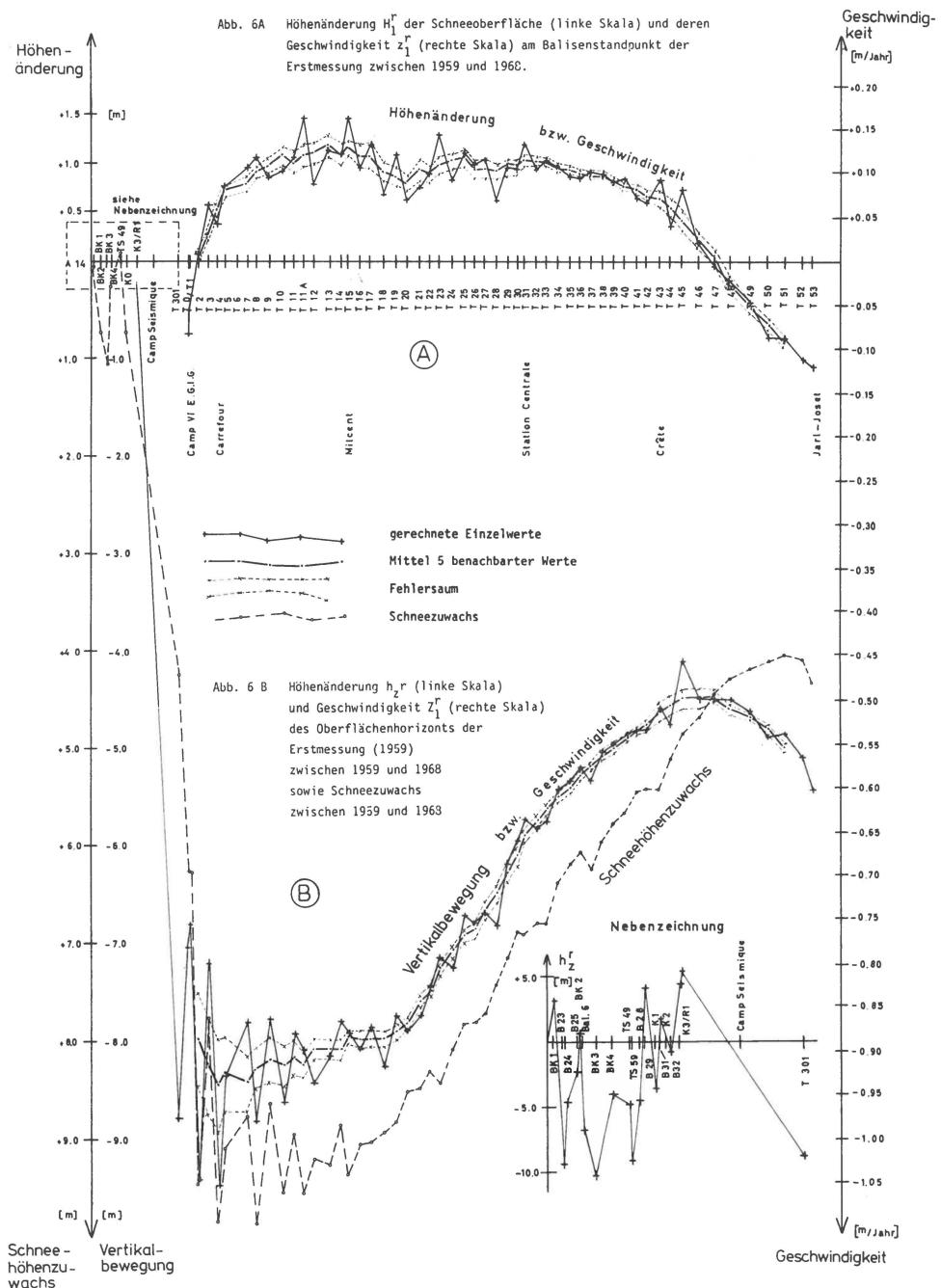


Abb. 6. Höhenänderungen h_1^r der Schneeoberfläche (linke Skala) und deren Geschwindigkeit z_1^r (rechte Skala) am Balisenstandpunkt der Erstmessung zwischen 1959 und 1968.

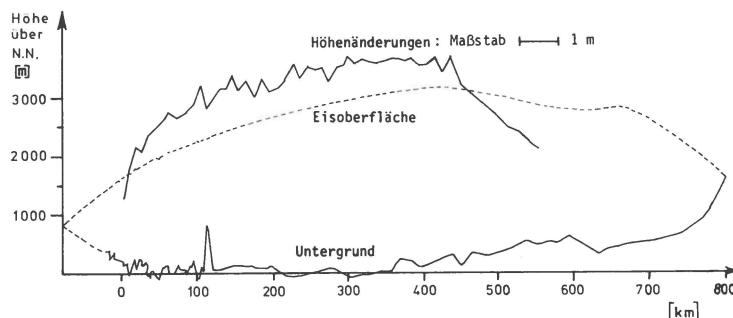


Abb. 7. Untergrund, Eisoberfläche und Höhenänderungen im E.G.I.G.-Profil zwischen 1959 und 1968.

eine Differenz von etwa 1 dm auftritt, verschiebt sich die Nulllinie bei den reduzierten Werten nach Osten bis etwa T47 (Abb. 6).

Die in Abbildung 6 dargestellten Höhenänderungen sind nach den Ergebnissen des Profilvergleichs wahrscheinlich unbeeinflußt von Änderungen, die aus der Fortbewegung von Oberflächenwellen resultieren.

Die Ergebnisse des Höhenvergleichs zwischen 1959 und 1968 lassen auf eine asymmetrische Aufwölbung des Inlandeisschildes schließen (Abb. 7). In Abbildung 7 sind über dem Höhenprofil stark überhöht die Höhenänderungen in den 9 Jahren aufgetragen.

2.7 Geschwindigkeit der Vertikalbewegung

Bezieht man die Höhenänderungen (Abb. 6, linke Skala) auf die Zeitdifferenz ΔT_0 beider Bezugszeiten, so erhält man die Vertikalkomponenten der Geschwindigkeitsvektoren, die in den Spalten (9) und (10) der Tabelle 10 gerechnet und in Abbildung 6 (rechte Skala) dargestellt sind. Mit der rechten Skala sind in Abbildung 6 sowohl die vertikalen Geschwindigkeitsvektoren z_{1i}^r der Höhenänderung der Schneeeoberfläche an den Balisenstandpunkten der Erstmessung, als auch die Vektoren Z_i^r der Vertikalbewegung eines bestimmten Schneehorizonts, d.h. einer Balise, die die horizontalen Bewegungen nicht mitmacht, dargestellt. Der Abstand zwischen den beiden Linienzügen in Abbildung 6 ist der Schneehöhenzuwachs Δa in [m] (linke Skala) bzw. der durchschnittliche jährliche Schneehöhenzuwachs $\Delta a_i/\Delta T_0$ in [m/Jahr] (rechte Skala).

Für die vertikalen Geschwindigkeitskomponenten gilt das zu den Höhenänderungen bemerkte entsprechend. Die mittlere jährliche Höhenzunahme zwischen T2 und T46 ist +0,10 m/Jahr mit Maximalwerten bei T11A und T15 mit 0,16 m/Jahr.

2.8 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Höhenänderungen im E.G.I.G.-Profil in Grönland sind nach zwei Rechenverfahren, die in Abschnitt 1 dargestellt sind, in guter Über-

einstimmung – die maximale Differenz liegt bei 0,05 m/Jahr – bestimmt worden. Es wurde versucht, die verfälschenden Einflüsse quantitativ zu erfassen. Nicht erfaßbar durch Messungen ist die Schichtuntreue des Balisenfußpunktes; hier kann aufgrund der bisherigen Erfahrungen Schichttreue angenommen werden. Der Einfluß der Balisenwanderung wird durch Wiederbestimmung des Balisenortes der Erstmessung eliminiert. Der Schneehöhenzuwachs und die Setzung der obersten Schneeschichten können durch Pegelablesungen erfaßt werden. Das Auftreten kinematischer Wellen muß im graphischen Profilvergleich sichtbar werden.

Die Ergebnisse des Vergleichs der Höhenmessungen 1959 und 1968 sind in den Abbildungen 4 und 6 dargestellt.

Das Profil kann in 3 Bereiche aufgegliedert werden:

- 1) in das westliche Randgebiet bis etwa T5 (130 km),
- 2) das etwa 400 km lange Mittelstück bis etwa T43 dem Scheitelpunkt und
- 3) den östlichen Profilabschnitt zwischen T43 und T53 (ca. 130 km).

Im ersten Bereich sind westlich TO keine eindeutigen Aussagen möglich. Der Abschnitt von TO bis etwa T5 ist durch den raschen Anstieg der Höhenzuwachswerte von $-0,77$ m (jährlich $-0,09$ m) bei TO bis $+0,75$ m (jährlich $+0,08$ m) bei T5 gekennzeichnet. Die Nulllinie, der Übergang von Höhenabnahme zu Höhenzuwachs, liegt, vom Westrand des Inlandeises etwa 100 km entfernt, zwischen den Balisen T1 und T2.

Zwischen T5 und T43 liegen die Minimalwerte der Höhenzunahme mit $0,07$ m/Jahr bei T18, T20, T28 und T41/T42, während die Maximalwerte mit $+0,16$ m/Jahr bei T11A und T15 auftreten. Im Hinblick auf die Unsicherheit der Einzelwerte von etwa $\pm 0,03$ m/Jahr, kann diesem Mittelbereich eine für alle Punkte etwa gleiche Höhenzunahme von $+0,9$ m oder $0,1$ m/Jahr zugeordnet werden. Die Höhe des Oberflächenhorizonts der Erstmessung 1959 dagegen hat in 9 Jahren bis zur Zweitmessung von $-8,30$ m (jährlich $-0,93$ m) bei T5 bis $-4,59$ m (jährlich $-0,51$ m) bei T43 abgenommen.

Im dritten Profilbereich, östlich des Scheitelpunktes zwischen T43 und T53, zeigt sich eine rasche Abnahme der Höhenzuwachswerte von $+0,83$ m (jährlich $+0,09$ m) bei T43 bis $-1,10$ m (jährlich $-0,12$ m) bei T53. Hier liegt die Nulllinie etwa 50 km östlich des Scheitelpunktes des Inlandeises zwischen T46 und T47.

Nach dem graphischen Profilvergleich 1959–1968 (Anlage 1) scheinen die Oberflächenwellen stationär zu sein; sie beeinflussen damit die ermittelten Bewegungen und Geschwindigkeiten nicht. Die ermittelten jährlichen Bewegungsgeschwindigkeiten stellen insofern Näherungswerte dar, als zwischen den beiden Campagnen Gleichförmigkeit der Bewegungen angenommen werden mußte.

Literaturverzeichnis

BAUER, ALBERT, 1968. Mouvement et variation d'altitude de la zone d'ablation ouest. *Expédition Glaciologique Internationale au Groenland. Meddelelser om Grönland* Bd. 174, Nr. 1, E.G.I.G. 1957–1960 Vol. 4, No. 1.

EXPÉDITIONS POLAIRES FRANÇAISES, 1954. Campagne préparatoire au Groenland 1948. *Rapports préliminaires*, Série Scientifique Nr. 5, Paris.

GROSSMANN, WALTER, 1953. Grundzüge der Ausgleichungsrechnung. Springer-Verlag, Göttingen-Heidelberg.

HOFMANN, WALTER & NOTTARP, CLEMENS. Die geodätische Lagemessung bei der Internationalen Glaziologischen Grönland-Expedition 1967 (E.G.I.G. II). Vol. 2 Nr. 5. *Meddelelser om Grönland* (in prep.).

JORDAN-EGGERT-KNEISSL, 1963. Handbuch der Vermessungskunde. Band II, Feld- und Landmessung. Stuttgart. Band III, Höhenmessung und Tachymetrie, Stuttgart 1956.

LICHTE, HEINRICH, 1957. Geodätische Messungen auf dem grönländischen Inlandeis. ZfV 1957.

MÄLZER, HERMANN, 1964. Das Nivellement über das grönländische Inlandeis der Internationalen Glaziologischen Grönland-Expedition. *Meddelelser om Grönland*, Bd. 173, Nr. 7, E.G.I.G. Vol. 3, Nr. 1.

PFROMMER, WILHELM, 1964. Mitteilungen an das Direktionskomitee der E.G.I.G. und alle E.G.I.G.-Teilnehmer nach der Zwischenexpedition 1964. Herbst.

TABELLEN

Tabelle 1. Chronologischer Ablauf des Nivellements 1959.

Tabelle 2. Chronologischer Ablauf des Nivellements 1968.

Tabelle 3. Schneehöhenzuwachs an den Balisen zwischen 1959 und 1968.

Tabelle 4. Unterschiede der Schneehöhen Mai – August 1959.

Tabelle 5. Vergleich Nivellement 1959 – 1968.
Fußnivellement (A14 – T301).

Tabelle 6. Vergleich Nivellement 1959 – 1968.
Weaselnivellement (T301 – T53).

Tabelle 7. Berechnung der reduzierten Höhen und der Vertikalbewegungen.
Fußnivellement (A14 – T301).

Tabelle 8. Berechnung der reduzierten Höhen und der Vertikalbewegungen.
Weaselnivellement (T301 – T53).

Tabelle 9. Die Vertikalbewegungen zwischen A14 und T301
Fußnivellement).

Tabelle 10. Zusammenstellung der Höhen und der Vertikalbewegungen
von T301 – T53 (Weaselnivellement).

Tabelle 1.
Chronologischer Ablauf des Nivellements 1959.

Ankunft [h]	Abfahrt [h]	Dauer des Aufent- haltes [h]	Ort des Aufent- haltes	Ankunft [h]	Abfahrt [h]	Dauer des Aufent- haltes [h]	Ort des Aufent- haltes
Tabelle 1a							
Camp Seismique - A 14							
Mai 1959	Mai 1959			Juni 1959	Juni 1959		
11. 20-00	11. 11-00		Camp Seism.	6. 13-00			T 6
11. 20-45	12. 13-00	17,0	6,5 km westl. C.S.	6. 20-10	7. 8-50	12,5	T 6 + 4,9 km
12. 20-45	13. 11-00	14,0	12,8 km westl. C.S.	7. 11-20	7. 15-00	3,5	T 6 + 7,0 km
13. 18-10			BK 7	7. 17-35			T 7
13. 22-10	14. 13-00	15,0	K 3	7. 20-00	8. 8-35	12,5	T 7 + 2,8 km
14. 18-30			K 2	8. 13-35			T 8
14. 20-30	15. 12-30	16,0	K 1 + 1,5 km	8. 20-00	9. 8-30	12,5	T 8 + 6,7 km
15. 16-00			BK 6	9. 13-45			T 9
15. 20-15	17. 13-00	41,0	Terme Sud + 2,0 km	9. 20-15	10. 9-00	13,0	T 9 + 6,6 km
17. 16-45			BK 5	10. 13-30	10. 17-30	4,0	T 10
17. 19-00	18. 11-25	16,5	0,8 km westl. BK 5	10. 18-15	11. 8-30	14,0	T 10 + 350 m
18. 18-00			BK 4	11. 18-45			T 11
19. 0-55	19. 21-30	20,5	BK 3	11. 20-15	12. 8-45	12,5	T 11 + 1,4 km
20. 2-45			BK 2	12. 14-00			T 11a
20. 9-30	20. 13-00	3,5	BK 1 + 2,5 km	12. 20-20	13. 8-45	12,5	T 11a + 5,6 km
20. 19-30	23. 8-00	60,5	BK 1	13. 11-45			T 12
23. 13-00			A 14	13. 20-30	15. 17-15	45,0	T 12 + 9 km
				15. 18-20	16. 8-20	14,0	T 12 + 10 km
Camp Seismique - T 43 (Crête)							
Mai 1959	Mai 1959			16. 12-15			T 13
				16. 20-45	17. 8-45	12,0	T 14
				17. 13-30			TA 15 DW
28. 20-15	28. 10-00	407,0	Camp Seism.	17. 13-55	17. 17-20	3,5	TA 15
30. 1-30	30. 8-00	36,0	Camp Seism. + 5,9 km	17. 17-50			TA 15 DE
31. 1-30	31. 11-00	9,5	Camp Seism. + 16,1 km	17. 22-00	18. 9-00	11,0	TA 15 + 6,9 km
				18. 11-25			T 16
				18. 19-50	19. 9-00	13,0	T 16 + 6,8 km
				19. 11-05			T 17
31. 21-50	1. 10-00	12,0	T 301	19. 21-00	20. 8-45	12,0	T 17 + 8,8 km
Juni 1959				20. 11-40			T 18
1. 19-50				20. 21-05	21. 10-00	13,0	T 19
1. 20-20	2. 15-30	19,0	TAO DW	21. 18-50			T 20
2. 16-00			TAO	21. 21-00	23. 13-50	41,0	T 20 + 3,0 km
2. 16-05			DE	23. 20-10	24. 9-00	13,0	T 21
2. 19-30	3. 8-20	13,0	T 1 + 4,5 km	24. 16-50			T 22
3. 11-20			T 2	24. 21-30	25. 9-00	11,5	T 22 + 6,5 km
3. 19-30	4. 8-40	13,0	T 2 + 6,7 km	25. 19-45	26. 8-45	13,0	T 23 + 8,9 km
4. 11-20			T 3	26. 10-20			T 24
4. 21-00	5. 9-50	13,0	T 4	26. 19-40	27. 9-00	13,5	T 25
5. 15-00			T 5	27. 17-05			T 26
5. 20-00	6. 8-30	12,5	T 5 + 4,5 km	27. 19-50	29. 8-30	36,5	T 26 + 4,5 km

Fortsetzung Tabelle 1.
Chronologischer Ablauf des Nivellements 1959.

Ankunft [h]	Abfahrt [h]	Dauer des Aufent- haltes [h]	Ort des Aufent- haltes	Ankunft [h]	Abfahrt [h]	Dauer des Aufent- haltes [h]	Ort des Aufent- haltes
Tabelle 1a				Tabelle 1a			
Camp Seismique - T 43 (Crête)				Camp Seismique - T 43 (Crête)			
Juni 1959	Juni 1959			Juli 1959	Juli 1959		
29. 12-25			T 27	15. 10-50			T 41
29. 20-50	30. 9-20	12,5	T 28	15. 18-20			T 42
30. 19-05	Juli 1959		T 29	15. 20-30	16. 8-55	12,5	T 42 + 3,3 km
30. 20-00	1. 8-45	12,5	T 29 + 2,2 km	16. 10-30	18. 7-45	45,0	T 42 + 5,7 km
Julii 1959				18. 11-35			T 43
1. 13-00			T 30	Tabelle 1b			
1. 18-30			TA 31 DW	T 43 - T 53			
1. 19-00	4. 13-45	67,0	TA 31	Juli 1959	Juli 1959		T 43
4. 14-15			TA 31 DE	18.	11-35		
4. 21-00	5. 15-20	18,5	T 32	18. 18-45	19. 8-15	11,5	T 43 + 7,3 km
5. 19-45	6. 9-15	13,5	T 32 + 6,1 km	19. 10-00			T 44
6. 12-00			T 33	19. 17-15			T 45
6. 20-40	7. 9-00	12,5	T 33 + 7,0 km	19. 19-50	20. 8-30	12,5	T 45 + 3,5 km
7. 11-00			T 34	20. 16-35			T 46
7. 20-25	8. 9-00	12,5	T 34 + 8,7 km	20. 19-40	21. 10-25	15,0	T 46 + 4,8 km
8. 9-50			T 35	21. 18-45	22. 9-00	14,0	T 47
8. 20-00	9. 15-30	19,5	T 36	22. 13-50	23. 8-30	19,0	T 47 + 8,1 km
9. 16-50	10. 8-55	16,0	T 36 + 1,9 km	23. 12-50			T 48
10. 13-45			T 37	23. 19-15	24. 8-30	13,5	T 48 + 6,9 km
10. 20-30	11. 9-10	12,5	T 37 + 5,6 km	24. 16-35			T 49
11. 12-00			T 38	24. 20-00	25. 8-30	12,5	T 49 + 5,7 km
11. 20-10	13. 14-10	42,0	T 39	25. 16-50			T 50
13. 20-50	14. 9-20	12,5	T 40	25. 19-35	26. 9-00	13,5	T 50 + 4,4 km
14. 13-15	15. 9-00	20,0	T 40 + 6,7 km	26. 19-00	27. 8-20	13,5	T 51
				27. 20-45	28. 9-00	12,0	T 52
				28. 14-20	29. 11-00	20,5	T 53 DW
				29. 11-00			T 53

Tabelle 2.
Chronologischer Ablauf des Nivellements 1968.

Ankunft [h]	Abfahrt [h]	Dauer des Aufent- haltes [h]	Ort des Aufent- haltes	Ankunft [h]	Abfahrt [h]	Dauer des Aufent- haltes [h]	Ort des Aufent- haltes
Tabelle 2a Camp Seismique - A 14				Tabelle 2a Camp Seismique - T 43 (Crête)			
Mai 1968	Mai 1968			Mai 1968	Mai 1968		
8. 17-45	9. 8-45	15,0	Camp Seismique	25. 19-45	26. 8-30	13,0	2,5 km westl. T 301
9. 20-00	11. 9-00	37,0	2,6 km westl. C.S.	26. 10-30			T 301
11. 22-00	13. 12-00	38,0	9,3 km westl. C.S.	26. 19-00	27. 8-45	14,0	T 301 + 5,9 km
13. 16-30			15 km westl. C.S.	27. 11-00			TAO DW
13. 21-00	14. 10-00	13,0	K 3 - R 1	27. 11-35			TAO
14. 11-35			B 32	27. 12-30			TAO DE
14. 15-00			K 2	27. 12-40			T 1
14. 17-00			B 31	27. 18-00	30. 8-20	62,5	TU 1
14. 20-10			K 1	30. 14-50			T 2
14. 22-00			BK 6	30. 20-25	31. 8-30	12,0	T 2 + 6,3 km
14. 23-00	15. 10-30	11,5	B 29	31. 10-40			T 3
15. 11-30			Camp IV (49)				
15. 16-30			B 28	31. 20-00	2. 15-20	43,5	T 4
15. 17-30			Terme Sud				
15. 19-45	16. 14-55	19,0	BK 5	2. 18-30	3. 8-45	14,0	T 4 + 4,2 km
16. 20-00	17. 9-55	14,0	1,5 km westl. BK 5	3. 11-30	3. 15-00	3,5	T 5
17. 11-00			4,1 km westl. BK 5	3. 20-15	4. 9-00	12,5	T 5 + 7,0 km
17. 18-00			BK 4	4. 12-30			T 6/1
17. 18-45			BK 3	4. 19-00	5. 8-50	14,0	T 6/1 + 5,5 km
17. 22-15	18. 15-00	17,0	Camp III ter	5. 13-20			T 7
18. 17-20			Balise von 1950	5. 18-40	6. 8-30	14,0	T 7 + 4,8 km
18. 18-00			Bal. 6	6. 10-55	6. 15-00	4,0	T 8
18. 19-15			B 26	6. 18-50	7. 8-30	13,5	T 8 + 6,7 km
18. 19-45			BK 2	7. 13-20			T 9
18. 21-45	19. 15-30	18,0	B 25	7. 18-50	8. 8-30	13,5	T 9 + 5,8 km
19. 17-15			1,6 km westl. B 25	8. 12-50			T 10
19. 18-00			Camp III bis	8. 20-15	9. 9-55	13,5	T 10 + 7,4 km
19. 18-30			B 24	9. 12-25	9. 17-00	4,5	T 11
19. 21-40	20. 10-30	13,0	B 23	9. 19-20	10. 8-40	13,0	T 11 + 2,9 km
20. 12-00			BK 1 + 0,4 km	10. 12-30			T 11A
20. 17-00			BK 1	10. 18-30	11. 9-10	14,5	T 11A + 6,6 km
			A 14	11. 11-00	11. 15-00	4,0	T 12
				11. 20-00	13. 8-30	36,5	T 12 + 7,1 km
Camp Seismique - T 43 (Crête)				13. 16-00			T 13
Mai 1968	Mai 1968			13. 19-00	14. 8-25	13,5	T 13 + 2,8 km
	24. 10-00			14. 12-05			T 14
24. 20-00	25. 8-40	12,5	Camp Seismique	14. 17-35	15. 9-40	16,0	T 14 + 4,9 km
			C.S. + 9,2 km	15. 11-45			TA 15 DW

Fortsetzung Tabelle 2.
Chronologischer Ablauf des Nivellements 1968.

Ankunft [h]	Abfahrt [h]	Dauer des Aufent- haltes [h]	Ort des Aufent- haltes	Ankunft [h]	Abfahrt [h]	Dauer des Aufent- haltes [h]	Ort des Aufent- haltes
Tabelle 2a				Tabelle 2a			
Camp Seismique - T 43 (Crête)				Camp Seismique - T 43 (Crête)			
Juni 1968	Juni 1968			Juli 1968	Juli 1968		
15. 12-10	24. 16-45	220,5	TA 15	18. 15-20			T 36
24. 17-10			TA 15 DE	18. 18-45	19. 8-30	13,5	T 36 + 5,4 km
24. 19-45	25. 8-45	13,0	T 15 + 3,5 km	19. 11-15			T 37
25. 12-25			T 16	19. 18-20	20. 8-15	14,0	T 37 + 8,9 km
25. 19-25	26. 8-30	13,0	T 16 + 5,4 km	20. 9-15			T 38
26. 11-20			T 17	20. 17-00	21. 8-15	15,0	T 39
26. 17-50	27. 8-30	14,5	T 17 + 6,7 km	21. 15-10			T 40
27. 14-30			T 18	21. 18-15	22. 8-10	14,0	T 40 + 4,9 km
27. 20-05	28. 9-00	13,0	T 18 + 6,6 km	22. 11-15			T 41
28. 11-45			T 19	22. 18-35	23. 8-15	13,5	T 42
28. 18-10	29. 9-00	16,0	T 19 + 8,1 km	23. 16-35			T 43
29. 10-00	29. 14-30	4,5	T 20				
Juli 1968				Tabelle 2b			
29. 18-45	1. 9-30	38,5	T 20 + 7,8 km	Gruppe Niv. B			
July 1968				July 1968	July 1968		
1. 12-00			T 21	30. 10-10			T 43
1. 18-15	2. 8-45	14,5	T 21 + 4,8 km	29. 19-25	30. 7-30	12,0	T 43 + 3,7 km
2. 11-30			T 22	29. 12-00	29. 14-40	2,5	T 44
2. 17-45	3. 8-15	14,5	T 22 + 7,5 km	28. 11-50	29. 8-45	21,0	T 44 + 4,0 km
3. 10-00	3. 17-00	7,0	T 23	27. 20-00	28. 7-20	11,5	T 45
3. 19-05	4. 8-05	13,0	T 23 + 3,4 km	26. 19-30	27. 7-30	12,0	T 46
4. 13-00			T 24	26. 10-00			U 47
4. 18-10	5. 8-05	14,0	T 24 + 5,7 km	24. 15-45	26. 7-05	39,5	T 47
5. 11-35	5. 15-40	4,0	T 25	23. 19-30	24. 6-40	11,0	T 47 + 10,9 km
5. 18-50	6. 8-10	13,5	T 25 + 5,2 km	23. 13-40	23. 16-30	3,0	T 48
6. 10-30			T 26	22. 18-05	23. 6-00	12,0	T 48 + 10,9 km
6. 18-30	7. 8-00	13,5	T 27	22. 11-45			T 49
7. 15-45			T 28	21. 19-10	22. 7-25	12,5	T 49 + 5,7 km
7. 18-20	8. 8-40	14,5	T 28 + 4,0 km	19. 23-00	21. 8-50	34,0	T 50
8. 13-15			T 29	19. 17-30			U 50 A
8. 18-45	9. 7-45	13,0	T 29 + 4,5 km	19. 10-55			T 51
9. 11-25			T 30	18. 18-45	19. 7-15	12,5	T 51 + 5,2 km
9. 16-45			TA 31 DW	18. 9-50			T 52
9. 17-00	15. 8-30	135,5	TA 31	17. 20-30	18. 7-15	11,0	T 52 + 3,2 km
15. 15-55			T 32	12. 11-10	17. 14-50	123,5	TA 53
15. 18-30	16. 8-15	13,5	T 32 + 4,1 km	11. 20-00	12. 7-20	11,5	TA 53 + 5,6 km
16. 11-30			T 33	11. 17-45			T 54
16. 18-45	17. 8-25	13,5	T 33 + 9,0 km	11. 10-15			U 54 A
17. 9-10			T 34	10. 18-35	11. 7-15	12,5	U 54 A + 3,5 km
17. 17-20	18. 8-25	15,0	T 35	10. 15-25			TN 55

Fortsetzung Tabelle 2.
Chronologischer Ablauf des Nivellements 1968.

Ankunft [h]	Abfahrt [h]	Dauer des Aufent- haltes [h]	Ort des Aufent- haltes	Ankunft [h]	Abfahrt [h]	Dauer des Aufent- haltes [h]	Ort des Aufent- haltes
Tabelle 2b Gruppe Niv. B							
Juli 1968							
9. 18-00	10. 7-30	13,5	U 55 A	23. 10-50	23. 14-00	3,0	U 65 A
9. 11-40	9. 16-00	4,5	U 55 A + 2,5 km	22. 18-40	23. 6-40	12,0	U 65 A + 4,0 km
8. 19-00	9. 7-10	12,0	T 56	22. 14-55			TN 66
8. 10-20			U 56 A	21. 19-40	22. 6-15	10,5	TN 66 + 4,6 km
7. 20-40	8. 7-05	10,5	U 56 A + 3,3 km	21. 12-30	21. 15-20	3,0	TN 66 + 9,3 km
5. 18-05	7. 15-15	45,0	T 57	20. 19-15	21. 10-00	15,0	U 66 A
4. 20-10	5. 7-00	11,0	T 57 + 11,2 km	19. 20-55	20. 12-50	16,0	TN 67
4. 15-50			T 58	18. 20-20	19. 6-40	10,0	TN 67 + 8,0 km
3. 20-20	4. 7-00		T 58 + 7,0 km	18. 11-05	18. 14-45	3,5	TN 68
3. 15-45			TN 59	15. 20-00	18. 6-20	58,5	TN 68 + 3,1 km
2. 19-30	3. 7-00	11,5	TN 60	14. 19-45	15. 7-30	11,5	TN 68 + 11,2 km
2. 15-20			TR 5	12. 19-15	14. 8-40	37,5	TN 69
Juni 1968							
27. 18-35	2. 7-20	108,5	TA 61	8. 21-00	10. 7-15	34,0	TN 71/A 5
27. 10-25	Juni 1968		T 62	7. 22-30	8. 11-45	13,5	TN 71/A 5 + 3,0 km
26. 18-50	27. 7-00	12,0	T 62 + 3,9 km	7. 3-30	7. 14-30	11,0	TN 71/A 5 + 7,2 km
26. 16-25			TN 63	6. 7-30	6. 21-30	14,0	A 4: TN 71/A 5 + 9,8 km
25. 19-15	26. 7-10	12,0	TN 63 + 9,8 km	5. 10-25	5. 21-30	11,0	A 3: TN 71/A 5 + 15,2 km
25. 16-15			TN 64	4. 12-30	4. 22-50	10,0	TN 71/A 5 + 20,4 km
24. 19-50	25. 8-20	12,5	TN 64 + 7,6 km		4. 8-45	52,0	A 1: TN 71/A 5 + 22,3 km
24. 13-15			TK 65		2. 4-30		A 1: TN 71/A 5 + 22,3 km
23. 19-20	24. 6-40	11,5	TN 65 + 5,8 km	2. 12-30			A 2: TN 71/A 5 + 26,9 km
23. 14-45			TH 65 A				Festpunkt Cecilia Nunatak

Tabelle 3.
Schneehöhenzuwachs an den Balisen zwischen 1959 und 1968.

Punkt- bezeich- nung	Schnee- höhe 1959 a _i	Schnee- höhe 1968 a' _i	Balisen- neigung 1968	Schneeh. reduz. wegen Balisen- neigung	Schnee-1) höhen- zuwachs 1959-1968 Δa _i (5) - (2)	mittlerer Schneehöhenzuwachs 2) 1959-1968 Δa _i /ΔT _i	jährlicher Schneehöhenzuwachs 2) 1960-1964 Δa _i /ΔT _i	relative prozent. Untersch. (7) - (8) (8)	Bemerkungen
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	
	[m]	[m]	[g]	[m]	[m]	[m/a]	[m/a]	%	
Fußnivelllement A 14 - Camp Seismique									
bezogen auf die Tetraederspitze									
BK 1	2,00	1,85	-	1,85	+ 0,15	+ 0,02	-	-	
BK 2	1,58	0,85	-	0,85	+ 0,73	+ 0,08	-	-	
BK 3	1,95	0,90	-	0,90	+ 1,05	+ 0,12	-	-	
BK 4	1,30	1,05	-	1,05	+ 0,25	+ 0,03	-	-	
TS 49	1,50	1,60	-	1,60	- 0,10	- 0,01	-	-	
KO	1,61	0,90	-	0,90	+ 0,71	+ 0,08	-	-	
Weaselnivelllement Camp Seismique - T 43									
bezogen auf den Balisenfußpunkt									
T 301	1,86	6,15	7,1	6,11	+ 4,25	+ 0,47	+ 0,44	+ 7 %	
TO DW	1,35	10,92	-	10,92	+ 9,57	+ 1,06	+ 0,80	+ 32 %	
TO	3,02	9,31	3,55	9,29	+ 6,27	+ 0,70	+ 0,55	+ 27 %	
TO DE	1,35	9,42	-	-	+ 8,07	+ 0,67	+ 0,62	+ 8 %	
T 1	3,02	9,32	-	9,32	+ 6,30	+ 0,70	+ 0,62	+ 13 %	
T 2	3,08	12,61	6,35	12,55	+ 9,47	+ 1,05	+ 1,00	+ 5 %	
T 3	3,31	11,10	6,15	11,05	+ 7,74	+ 0,86	+ 0,86	0 %	
T 4	3,22	13,11	4,83	13,07	+ 9,85	+ 1,09	+ 1,12	- 3 %	
T 5	3,40	12,52	3,98	12,50	+ 9,10	+ 1,01	+ 1,04	- 3 %	
T 6	3,23	-	-	-	-	-	-	-	
T 6/1	2,07	10,64	3,78	10,62	(+ 8,55)	+ 0,95	+ 1,06	- 9 %	
T 7	3,25	12,00	2,55	11,99	+ 8,74	+ 0,97	+ 0,97	0 %	
T 8	3,06	12,93	2,55	12,92	+ 9,86	+ 1,09	+ 1,06	+ 3 %	
T 9	3,26	11,90	3,05	11,89	+ 8,63	+ 0,96	+ 0,96	0 %	
T 10	3,37	12,98	6,60	12,91	+ 9,54	+ 1,06	+ 1,08	- 2 %	
T 11	3,16	12,14	2,29	12,13	+ 8,97	+ 1,00	+ 1,01	- 1 %	
T 11 a	1,14	10,76	7,85	10,68	+ 9,54	+ 1,06	+ 1,08	- 2 %	
T 12	3,40	12,65	5,34	12,61	+ 9,21	+ 1,02	+ 1,10	- 7 %	
T 13	3,18	12,61	10,36	12,44	+ 9,26	+ 1,03	+ 1,06	- 3 %	
T 14	3,24	12,11	2,70	12,10	+ 8,86	+ 0,98	+ 1,02	- 4 %	
T 15 DW	3,05	12,71	6,09	12,65	+ 9,60	+ 1,06	+ 1,10	- 4 %	
T 15	3,31	12,83	10,16	12,67	+ 9,36	+ 1,03	+ 1,06	- 3 %	
T 15 DE	3,01	12,19	8,58	12,08	+ 9,07	+ 1,01	+ 1,04	- 3 %	
T 16	3,20	12,26	2,50	12,25	+ 9,05	+ 1,00	+ 1,02	- 2 %	
T 17	2,99	12,10	7,15	12,02	+ 9,03	+ 1,00	+ 1,07	- 7 %	
T 18	3,10	12,09	6,47	12,03	+ 8,93	+ 0,99	+ 1,05	- 6 %	
T 19	3,10	12,00	7,54	11,92	+ 8,82	+ 0,98	+ 1,01	- 3 %	
T 20	3,09	11,66	6,70	11,60	+ 8,51	+ 0,95	+ 0,94	+ 1 %	
T 21	3,05	11,57	5,35	11,53	+ 8,48	+ 0,94	+ 0,97	- 3 %	
T 22	3,20	11,55	5,54	11,51	+ 8,31	+ 0,92	+ 0,96	- 4 %	
T 23	3,02	11,45	3,21	11,44	+ 8,42	+ 0,94	+ 0,96	- 2 %	

1) Die Werte des Schneezuwachses in den Spalten (6), (7) und (8) sind aus Differenzen der Pegelablesungen berechnet und noch nicht wegen der Setzungen korrigiert.

2) aus den Messungen von Pfrommer

Der Mittelwert für das Ablationsgebiet bis T 2 liegt bei + 15 % Die Messungen 1968 fanden vor Eintritt der Schneeschmelze statt.

Der Mittelwert für das Akkumulationsgebiet T 3 - T 43 liegt bei - 3 %

Fortsetzung Tabelle 3.
Schneehöhenzuwachs an den Balisen zwischen 1959 und 1968.

Punkt- bezeich- nung	Schnee- höhe 1959	Schnee- höhe 1968	Balisen- neigung 1968 4)	Schneeh. 1968 reduz. wegen Balisen- neigung	Schnee- höhen- zuwachs 1959-1968	mittlerer Schneehöhenzuwachs 1959-1968	jährlicher Schneehöhenzuwachs 1960-1964	relative prozent. Untersch. (7) - (8) (8)	Bemerkungen
	a_i	a'_i			Δa_i (5) - (2)	$\Delta a_i / \Delta T_i$	$\Delta a_i / \Delta T_i$		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	
	[m]	[m]	[g]	[m]	[m]	[m/a]	[m/a]	%	
Weaselnivelllement Camp Seismique - T 43									
bezogen auf den Balisenfußpunkt									
T 24	3,10	11,21	4,60	11,18	+ 8,08	+ 0,90	+ 0,92	- 2 %	
T 25	3,10	11,02	8,56	10,92	+ 7,82	+ 0,87	+ 0,90	- 3 %	
T 26	2,90	10,79	8,33	10,70	+ 7,80	+ 0,87	+ 0,90	- 3 %	
T 27	2,98	10,70	2,00	10,69	+ 7,71	+ 0,86	+ 0,89	- 3 %	
T 28	3,20	10,64	2,43	10,63	+ 7,43	+ 0,83	+ 0,84	- 1 %	
T 29	2,98	10,12	1,41	10,12	+ 7,14	+ 0,79	+ 0,84	- 6 %	
T 30	3,15	10,05	3,21	10,04	+ 6,89	+ 0,77	+ 0,78	- 1 %	
T 31 DW	3,00	9,86	2,33	9,85	+ 6,85	+ 0,76	+ 0,78	- 3 %	
T 31	3,17	10,13	6,02	10,08	+ 6,91	+ 0,77	+ 0,80	- 4 %	
T 31 DE	3,02	-	-	-	-	+ 0,78	-		
T 32	3,25	10,02	2,98	10,01	+ 6,76	+ 0,75	+ 0,78	- 4 %	
T 33	3,00	9,82	6,03	9,78	+ 6,78	+ 0,75	+ 0,74	- 1 %	
T 34	3,16	9,55	3,46	9,54	+ 6,38	+ 0,71	+ 0,71	0	
T 35	3,01	9,23	4,90	9,20	+ 6,19	+ 0,69	+ 0,72	- 4 %	
T 36	3,10	9,14	0,65	9,14	+ 6,04	+ 0,67	+ 0,70	- 4 %	
T 37	3,17	9,41	0,99	9,41	+ 6,24	+ 0,69	+ 0,71	- 3 %	
T 38	3,12	9,07	3,08	9,06	+ 5,94	+ 0,66	+ 0,69	- 4 %	
T 39	3,04	8,81	3,32	8,80	+ 5,76	+ 0,64	+ 0,69	- 7 %	
T 40	3,12	8,79	3,14	8,78	+ 5,66	+ 0,63	+ 0,62	+ 2 %	
T 41	3,11	8,55	0,67	8,55	+ 5,44	+ 0,60	+ 0,64	- 6 %	
T 42	3,06	8,48	3,22	8,47	+ 5,41	+ 0,60	+ 0,63	- 5 %	
T 43	3,10	8,52	1,28	8,52	+ 5,42	+ 0,60	+ 0,64	- 6 %	
Tabelle 3b T 43 - T 53									
T 44	3,05	8,16	2,66	8,15	+ 5,10	+ 0,57	+ 0,60	- 5 %	
T 45	3,00	7,83	2,10	7,83	+ 4,83	+ 0,54	+ 0,56	- 4 %	
T 46	3,13	7,80	0,98	7,80	+ 4,67	+ 0,52	+ 0,54	- 4 %	
U 47	-	-	1,27	-	-	-	-	-	
T 47	3,00	7,46	2,22	7,46	+ 4,46	+ 0,50	+ 0,53	- 6 %	
T 48	3,05	7,32	2,02	7,32	+ 4,27	+ 0,47	+ 0,52	- 10 %	
T 49	3,07	7,26	4,27	7,24	+ 4,17	+ 0,46	+ 0,50	- 8 %	
T 50	3,08	7,18	1,62	7,18	+ 4,10	+ 0,45	+ 0,48	- 6 %	
U 50 A	-	-	1,34	-	-	-	-	-	
T 51	3,00	7,05	2,71	7,04	+ 4,04	+ 0,44	+ 0,50	- 12 %	
T 52	3,00	7,09	1,63	7,09	+ 4,09	+ 0,45	+ 0,45	0 %	
TA 53									
DW	3,28	7,61	0,96	7,61	+ 4,33	+ 0,48	+ 0,52	- 8 %	
TA 53	3,00	7,33	0,79	7,33	+ 4,33	+ 0,48	+ 0,49	- 2 %	
TA 53									
DN	3,05	7,36	1,30	7,36	+ 4,31	+ 0,48	+ 0,47	+ 2 %	
TA 53									
DS	3,00	7,19	4,33	7,17	+ 4,17	+ 0,46	+ 0,52	- 12 %	
TA 53									
DE	3,23	7,28	1,81	7,28	+ 4,05	+ 0,44	+ 0,48	- 8 %	

4) Die Schnee-
höhen a'_i und
Neigungen sind
für das Teilstück
T 43 bis T 53 von
der Gruppe Glazio-
logie übernommen
worden

Tabelle 4.
Unterschiede der Schneehöhen Mai – August 1959.

Punktbezeichnung	Schneehöhe		Differenz der Schneehöhe Mai – August 1959
	Mai 1959	August 1959	
R 1	(1218,3)	1216,9	(- 1,4)
K 3	1218,78	1217,4	- 1,4
B 32	(1195,9)	1193,5	(- 2,4)
K 2	1178,72	1176,0	- 2,7
B 31	(1157,5)	1155,0	(- 2,5)
K 1	1146,43	1144,1	- 2,3
BK 6	1117,65	1115,8	- 1,8
B 29	1098,6	1096,8	(- 1,8)
Camp IV 49	(1079,9)	1078,1	(- 1,8)
B 28	(1072,9)	1071,1	(- 1,8)
TS 59	(1032,2)	1030,5	(- 1,7)
BK 5	1013,22	1011,5	(- 1,7)
BK 4	910,41	-	-
BK 3	860,22	858,7	- 1,5
Camp III ter	-	-	-
B 27	(859,8)	857,3	(- 1,5)
Bal. 6	(802,3)	800,7	(- 1,6)
B 26	(802,8)	801,2	(- 1,6)
BK 2	795,04	793,4	- 1,6
B 25	(793,6)	791,9	(- 1,7)
Camp III bis	(721,7)	719,7	(- 2,0)
B 23	(711,6)	709,5	(- 2,1)
B 24	(709,0)	706,9	(- 2,1)
BK 1	612,30	610,0	- 2,3
A 14	560,32	560,32	0

Tabelle 5.
Vergleich Nivellement 1959 – 1968. Fußnivelllement (A 14 – T 301).

Punktbezeichnung	1959			1968			1959 – 1968					Bemerkungen	
	Höhe der Tetraeder-spitze h_i	Schnee-höhe an der Balise h_{1i}	$\Delta h_{1(i-1)}^i$ Schnee-höhe	Höhe der Tetraeder-spitze h_i'	Schnee-höhe am Balisen-ort h_{2i}'	$\Delta h_{2(i-1)}^i$ Schneehöhe	vorläufige Vertikal-hevenungen Tetraeder-snitze h_i (6)-(2)	Schneeh. h_i (7)-(13)	$T_i - T_i$ $= \Delta T_i$	vorläufige vertikale Bewegungsgeschwindigk. $z_i = \frac{h_i}{\Delta T_i}$	$z_{2i} = \frac{h_{2i}}{\Delta T_i}$		
1	2	3	5	6	7	9	10	11	13	14	15		
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[d]	[mm/d]	[mm/d]		
A 14 Niv 1	560,32	560,32		560,32	560,32		-	-	3285	-	-	() Interpolierte Höhen	
BK 1	614,30	612,30	+ 51,98	604,88	603,03	+ 42,71	- 9,42	- 9,27	3288	- 2,86	- 2,86	1) Ende der Fußnivelllements Balise Niv. 1959 und Niv.Pkt.III 1968 sind nicht identisch	
B 24	-	(708,97)	+ 96,67	-	694,92	+ 91,89	-	- 14,05	3287	-	- 4,27		
B 23	-	(711,56)	+ 2,59	-	700,50	+ 5,58	-	- 11,06	3287	-	- 3,36		
Camp III bis	-	(721,70)	+ 10,14	-	713,57	+ 13,07	-	- 8,13	3287	-	- 2,47		
B 25	-	(793,59)	+ 71,89	-	786,11	+ 72,54	-	- 7,48	3286	-	- 2,27		
BK 2	796,62	795,04	+ 1,45	795,94	795,09	+ 8,98	- 0,97	+ 0,05	3286	- 0,21	+ 0,21	2) Höhe des Balisenfuß-punktes	
B 26	-	(802,84)	+ 7,80	-	794,12	+ 8,72	-	- 8,72	3286	-	- 2,65		
Bal. 6	-	(802,34)	- 0,50	-	802,84	+ 47,93	-	+ 0,50	3286	-	+ 0,15		
BK 3	862,17	860,22	+ 57,88	851,67	850,77	- 8,50	- 9,55	3286	- 2,58	- 2,90			
BK 4	911,71	910,41	+ 50,19	904,76	903,71	+ 52,94	- 6,95	3287	- 2,11	- 2,04			
TS 49	1014,72	1013,22	+ 102,81	991,79	990,19	+ 86,48	- 22,93	- 23,03	3286	- 6,97	- 7,02		
TS 59	-	(1032,23)	+ 19,01	-	1005,32	+ 15,13	-	- 26,91	3286	-	- 8,18		
B 28	-	(1072,89)	+ 440,66	-	1060,62	+ 55,30	-	- 12,27	3287	-	- 3,72		
Camp IV (49)	-	(1079,91)	+ 7,02	-	1070,84	+ 10,22	-	- 9,07	3287	-	- 2,76		
B 29	-	(1098,62)	+ 18,71	-	1074,03	+ 13,19	-	- 14,59	3287	-	- 4,43		
K 0	1119,26	1117,65	+ 19,03	1102,15	1101,25	+ 17,22	- 17,11	- 16,40	3287	- 5,21	- 4,98		
K 1	1148,06	1146,43	+ 28,78	-	1134,67	+ 33,42	-	- 11,76	3287	-	- 3,57		
B 31	-	(1157,48)	+ 11,05	-	1153,31	+ 18,64	-	- 4,17	3288	-	- 1,27		
K 2	1180,07	1178,72	+ 21,24	-	1165,92	+ 12,61	-	- 12,80	3288	-	- 3,89		
B 32	-	(1195,87)	+ 17,15	-	1187,17	+ 21,25	-	- 8,70	3287	-	- 2,64		
K 3	-	1218,78	+ 22,91	-	1211,67	+ 24,40	-	- 7,11	3288	-	- 2,16		
R 1	-	(1218,28)	- 0,50	-	1212,09	+ 0,42	-	- 6,19	3288	-	- 1,88		
Camp S. 1) Bal.Niv.	-	1347,08	+ 128,80	-		+ 58,00	-	-	-	-	-		
Niv.Pkt. 1) III			+ 287,39			1270,09	-	-	-	-	-		
T 301	1613,61 ²⁾	1615,47				1570,16 ²⁾	1576,27	+ 306,18	- 43,45	- 39,20	3282	- 13,24	- 11,94

Tabelle 6.

Vergleich Nivellement 1959 – 1968. Weaselnivellement (T301 – T53).

Punkte- zeichnung	1959				1968				1959 – 1968								
	Höhe Bal.fuß	Schnee- höhe	ΔH_{i-1}^i Bal.fuß	$\Delta H_{1(i-1)}^i$ Schnee- höhe	Höhe Bal.fuß	Schneehöhe am Balisen- standpunkt 1959	ΔH_{i-1}^i Bal.fuß	$\Delta H_{1(i-1)}^i$ Schneehöhe am Punkt 1959	vorläufige Vertikal- bewegungen			$T_i^i - T_i =$ ΔT_i	vorläufige vertikale Bewegungs- geschwindigkeit				
	h_i	h_{1i}			h_i'	h_{1i}'			h_i	h_{1i}	$h_{z_i} =$ $h_{1i}' - \Delta a_i$ 1)	$z_i = \frac{h_i}{\Delta T_i}$	$z_{1i} = \frac{h_{1i}}{\Delta T_i}$	$z_i = \frac{h_{z_i}}{\Delta T_i}$			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	(10)/(13)	(11)/(13)	(12)/(13)	16	
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[d]	[mm/d]	[mm/d]	[mm/d]		
T 301	1613,61	1615,47	+ 49,29	+ 48,78	1570,162	-	+ 66,764	-	- 43,45	-	-	3282,5	- 13,24	-	-		
T 0 DW	1662,90	1664,25	+ 11,11	+ 12,78	1636,926	-	+ 5,880	-	- 25,97	-	-	3282,7	- 7,91	-	-		
T 0	1674,01	1677,03	+ 10,28	+ 8,61	1642,806	(1676,02)	+ 9,030	-	- 31,20	(- 1,01)	(- 7,28)	3282,6	- 9,50	- 0,31	- 2,22		
T 0 DE	1684,29	1685,64	+ 0,17	+ 1,84	1651,836	-	+ 3,942	+ 10,70	- 32,45	-	-	3281,9	- 9,89	-	-		
T 1	1684,46	1687,48	+ 41,79	+ 41,85	1655,778	(1686,72)	+ 53,402	+ 42,48	- 28,68	(- 0,76)	(- 7,06)	3281,9	- 8,74	- 0,23	- 2,15		
T 2	1726,25	1729,33	+ 72,49	+ 72,72	1709,179	1729,20	+ 68,848	+ 73,20	- 17,07	- 0,13	- 9,60	3284,1	- 5,20	- 0,04	- 2,92		
T 3	1798,74	1802,05	+ 50,48	+ 50,39	1778,028	1802,40	+ 55,996	+ 50,24	- 20,71	+ 0,35	- 7,39	3284,0	- 6,31	+ 0,11	- 2,25		
T 4	1849,22	1852,44	+ 57,85	+ 58,03	1834,024	1852,64	+ 55,019	+ 58,40	- 15,20	+ 0,20	- 9,65	3284,0	- 4,63	+ 0,06	- 2,94		
T 5	1907,07	1910,47			1889,043	1911,04			- 18,03	+ 0,57	- 8,53	3285,9	- 5,49	+ 0,17	- 2,59		
T 6	1967,28	1970,51	+ 102,74	+ 102,59			+ 64,883	+ 102,77									
T 6/1	(1970)	(1972)			1953,926	-											
T 7	2009,81	2013,06	+ 51,48	+ 51,29	1996,434	2013,81	+ 42,508		(- 16)	-	-	(2857)	(- 5,60)	-	-		
T 8	2061,29	2064,35	+ 46,39	+ 46,59	2046,641	2065,22	+ 50,207	+ 51,41	- 13,38	+ 0,75	- 7,99	3285,8	- 4,07	+ 0,23	- 2,43		
T 9	2107,68	2110,94	+ 66,03	+ 66,14	2092,072	2111,61	+ 45,431	+ 46,39	- 14,65	+ 0,87	- 8,99	3285,9	- 4,46	+ 0,26	- 2,74		
T 10	2173,71	2177,08	+ 66,63	+ 66,42	2162,042	2177,81	+ 69,970	+ 66,20	- 15,61	+ 0,67	- 7,96	3286,0	- 4,75	+ 0,20	- 2,42		
T 11	2240,34	2243,50	+ 28,51	+ 26,49	2227,649	2244,36	+ 65,607	+ 66,55	+ 69,970	+ 66,20	- 11,67	+ 0,73	- 8,81	3286,0	- 3,55	+ 0,22	- 2,68
T 11 A	2268,85	2269,99	+ 37,95	+ 40,21	2255,90R	2271,25	+ 28,259	+ 26,89	+ 65,607	+ 66,55	- 12,69	+ 0,86	- 8,11	3285,7	- 3,86	+ 0,26	- 2,47
T 12	2306,80	2310,20	+ 66,57	+ 66,35	2293,409	2310,80	+ 37,499	+ 39,55	+ 28,259	+ 26,89	- 12,94	+ 1,26	- 8,28	3285,9	- 3,94	+ 0,38	- 2,52
T 13	2373,37	2376,55	+ 43,25	+ 43,31	2362,220	2377,48	+ 68,811	+ 66,68	+ 37,499	+ 39,55	- 13,39	+ 0,60	- 8,61	3286,0	- 4,07	+ 0,18	- 2,62
T 14	2416,62	2419,86	+ 27,88	+ 27,69	2405,330	2420,75	+ 43,110	+ 43,27	+ 68,811	+ 66,68	- 11,15	+ 0,93	- 8,33	3285,2	- 3,39	+ 0,28	- 2,54
							+ 27,231		+ 43,110	+ 43,27	- 11,29	+ 0,89	- 7,97	3285,7	- 3,44	+ 0,27	- 2,42

Fortsetzung Tabelle 6.
Vergleich Nivellement 1959 – 1968. Weaselnivellement (T301 – T53).

Punktbe-zeichnung	1959				1968				1959 – 1968							
	Höhe Bal.fuß h_i	Schnee- höhe h_{1i}	Δh_{i-1}^i Bal.fuß	$\Delta h_{1(i-1)}^i$ Schnee- höhe	Höhe Bal.fuß h_i^1	Schneehöhe am Balisen- standpunkt 1959 h_{1i}^1	Δh_{i-1}^i Bal.fuß	$\Delta h_{1(i-1)}^i$ Schneehöhe am Punkt 1959	vorläufige Vertikal- bewegungen			$T_i^1 - T_i =$ ΔT_i	vorläufige vertikale Bewegungs- geschwindigkeit			
									Bal.fuß h_i	Schneehöhe 1959 h_{1i}	$h_{z_i} =$ $h_{1i} - \Delta a_i$ 1)		$z_i = \frac{h_i}{\Delta T_i}$	$z_{1i} = \frac{h_{1i}}{\Delta T_i}$	$z_i = \frac{h_{z_i}}{\Delta T_i}$	(10) / (13)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[d]	[mm/d]	[mm/d]	[mm/d]	
T 15 DW	2444,50	2447,55	+ 3,97	+ 4,23	2432,561	-	+ 3,918	+ 32,33	- 11,94	-	-	3285,9	- 3,63	-	-	
T 15	2448,47	2451,78	+ 4,41	+ 4,11	2436,479	2453,08	+ 4,643	+ 41,93	- 11,99	+ 1,30	- 8,06	3285,9	- 3,65	+ 0,40	- 2,45	
T 15 DE	2452,88	2455,89	+ 38,11	+ 38,30	2441,122	-	+ 39,931	+ 39,176	- 11,76	-	-	3295,0	- 3,57	-	-	
T 16	2490,99	2494,19	+ 38,94	+ 38,73	2481,053	2495,01	+ 48,343	+ 47,77	- 9,94	+ 0,82	- 8,23	3295,0	- 3,01	+ 0,25	- 2,50	
T 17	2529,93	2532,92	+ 48,15	+ 48,26	2520,229	2533,95	+ 41,040	+ 41,40	- 9,70	+ 1,03	- 8,00	3295,0	- 2,94	+ 0,31	- 2,43	
T 18	2578,08	2581,18	+ 40,99	+ 40,99	2568,572	2581,72	+ 41,370	+ 40,40	- 9,51	+ 0,54	- 8,39	3295,1	- 2,89	+ 0,16	- 2,54	
T 19	2619,07	2622,17	+ 40,88	+ 40,87	2609,612	2623,12	+ 32,972	+ 32,70	- 9,46	+ 0,95	- 7,87	3295,6	- 2,87	+ 0,29	- 2,39	
T 20	2659,95	2663,04	+ 32,61	+ 32,57	2650,982	2663,52	+ 32,381	+ 32,27	- 8,97	+ 0,48	- 8,03	3295,6	- 2,72	+ 0,15	- 2,44	
T 21	2692,56	2695,61	+ 25,65	+ 25,80	2683,954	2696,22	+ 38,501	+ 38,03	- 8,61	+ 0,61	- 7,87	3295,7	- 2,61	+ 0,19	- 2,39	
T 22	2718,21	2721,41	+ 32,04	+ 31,86	2709,718	2722,15	+ 32,417	+ 32,38	- 8,49	+ 0,74	- 7,57	3295,8	- 2,58	+ 0,22	- 2,30	
T 23	2750,25	2753,27	+ 38,40	+ 38,48	2742,099	2754,42	+ 23,740	+ 22,95	- 8,15	+ 1,15	- 7,27	3295,9	- 2,47	+ 0,35	- 2,21	
T 24	2788,65	2791,75	+ 32,10	+ 32,10	2780,600	2792,45	+ 23,745	+ 23,79	- 8,05	+ 0,70	- 7,38	3296,1	- 2,44	+ 0,21	- 2,24	
T 25	2820,75	2823,85	+ 23,28	+ 23,08	2813,017	2824,83	+ 26,734	+ 26,78	- 7,73	+ 0,98	- 6,84	3296,7	- 2,34	+ 0,30	- 2,08	
T 26	2844,03	2846,93	+ 23,66	+ 23,74	2836,757	2847,78	+ 23,058	+ 31,38	- 7,27	+ 0,85	- 6,95	3296,7	- 2,21	+ 0,26	- 2,11	
T 27	2867,69	2870,67	+ 26,97	+ 27,19	2860,502	2871,57	+ 19,533	+ 19,60	- 7,19	+ 0,90	- 6,81	3295,3	- 2,18	+ 0,27	- 2,07	
T 28	2894,66	2897,86	+ 31,26	+ 31,04	2887,236	2898,35	+ 15,230	+ 15,85	- 7,42	+ 0,49	- 6,94	3295,8	- 2,25	+ 0,15	- 2,10	
T 29	2925,92	2928,90	+ 19,44	+ 19,61	2919,294	2929,73	+ 0,573		- 6,63	+ 0,83	- 6,31	3295,8	- 2,01	+ 0,25	- 1,92	
T 30	2945,36	2948,51	+ 14,98	+ 14,83	2938,827	2949,33			- 6,53	+ 0,82	- 6,07	3295,9	- 1,98	+ 0,25	- 1,84	
T 31 DW	2960,34	2963,34	+ 0,61	+ 0,78	2954,057	-	+ 0,573		- 6,28	-	-	3295,9	- 1,90	-	-	
T 31	2960,95	2964,12	+ 1,31	+ 1,16	2954,630	2965,18			- 6,32	+ 1,06	- 5,85	3295,9	- 1,91	+ 0,32	- 1,78	

Fortsetzung Tabelle 6.
Vergleich Nivellement 1959 – 1968. Weaselnivellement (T301 – T53).

1959					1968				1959 – 1968							
Punktbezeichnung	Höhe Bal.fuß	Schneehöhe	Δh_{i-1}^i Bal.fuß	$\Delta h_{i(i-1)}^i$ Schneehöhe	Höhe Bal.fuß	Schneehöhe am Balisenstandpunkt 1959	Δh_{i-1}^i Bal.fuß	$\Delta h_{i(i-1)}^i$ Schneehöhe am Punkt 1959	vorläufige Vertikalbewegungen			$T_i' - T_i = \Delta T_i$	vorläufige vertikale Bewegungsgeschwindigkeit			
	h_i	h_{1i}			h_i'	h_{1i}'			Bal. fuß	Schneehöhe 1959	$z_i = \frac{h_i}{\Delta T_i}$	$z_{1i} = \frac{h_{1i}}{\Delta T_i}$	$z_i = \frac{h_{1i}}{\Delta T_i}$			
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	(6)-(2)	(7)-(3)	$h_{z_i} = h_{1i} - \Delta a_i$ ¹⁾	(10)/(13)	(11)/(13)	(12)/(13)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[d]	[mm/d]	[mm/d]	[mm/d]	
T 31 DE	2962,26	2965,28			-	-			-	-	-	-	-	-	-	
			+ 20,27	+ 20,50			+ 21,645	+ 21,41								
T 32	2982,53	2985,78			+ 19,45	+ 19,20	+ 19,653	+ 19,30	- 6,25	+ 0,81	- 5,95	3298,7	- 1,89	+ 0,25	- 1,81	
T 33	3001,98	3004,98			+ 21,74	+ 21,90	+ 22,042	+ 21,82	- 6,05	+ 0,91	- 5,87	3298,0	- 1,83	+ 0,28	- 1,78	
T 34	3023,72	3026,88			+ 23,72	+ 23,57	+ 23,758	+ 23,48	- 5,75	+ 0,83	- 5,55	3297,9	- 1,74	+ 0,25	- 1,68	
T 35	3047,44	3050,45			+ 18,25	+ 18,34	+ 18,433	+ 18,33	- 5,71	+ 0,74	- 5,45	3297,3	- 1,73	+ 0,22	- 1,65	
T 36	3065,69	3068,79			+ 16,85	+ 16,92	+ 16,804	+ 17,00	- 5,53	+ 0,73	- 5,31	3297,8	- 1,68	+ 0,22	- 1,61	
T 37	3082,54	3085,71			+ 18,74	+ 18,69	+ 19,025	+ 18,65	- 5,58	+ 0,81	- 5,43	3296,9	- 1,69	+ 0,25	- 1,65	
T 38	3101,28	3104,40			+ 16,03	+ 15,95	+ 16,148	+ 15,87	- 5,29	+ 0,77	- 5,17	3296,9	- 1,60	+ 0,23	- 1,57	
T 39	3117,31	3120,35			+ 18,83	+ 18,91	+ 18,980	+ 18,92	- 5,17	+ 0,69	- 5,07	3296,9	- 1,57	+ 0,21	- 1,54	
T 40	3136,14	3139,26			+ 13,12	+ 13,11	+ 13,183	+ 12,93	- 5,02	+ 0,70	- 4,96	3295,8	- 1,52	+ 0,21	- 1,51	
T 41	3149,26	3152,37			+ 11,88	+ 11,83	+ 11,968	+ 11,79	- 4,96	+ 0,52	- 4,92	3295,0	- 1,50	+ 0,16	- 1,49	
T 42	3161,14	3164,20			+ 10,17	+ 10,21	+ 10,366	+ 10,44	- 4,87	+ 0,48	- 4,93	3295,0	- 1,48	+ 0,15	- 1,50	
T 43	3171,31	3174,41							- 4,67	+ 0,71	- 4,71	3293,2	- 1,42	+ 0,22	- 1,43	

1) von Tabelle 3 Spalte 6 übernommen

Fortsetzung Tabelle 6.
Vergleich Nivellement 1959 – 1968. Weaselnivellement (T301 – T53).

Punktbezeichnung	1959				1968				1959 – 1968							
	Höhe über Meeres- spiegel Balisen- fuß	Höhe der Schnee- oberfl. über Meeres- spiegel	Δh_{i-1}^i	$\Delta h_{1(i-1)}^i$	Höhe des Balisen- fußes über Meeres- spiegel	Schneeh. am Balisen- standpunkt 1959	Δh_{i-1}^i	$\Delta h_{1(i-1)}^i$	vorläufige Vertikal- bewegungen			$T_1^i - T_1 =$	vorläufige vertikale Bewegungs- geschwindigkeit			
	h_i	h_{1i}			h_i^*	h_{1i}^*			h_i	h_{1i}	$h_{z_i} =$ $h_{1i} - \Delta a_i$ 1)	ΔT_i	$z_i = \frac{h_i}{\Delta T_i}$	$z_{1i} = \frac{h_{1i}}{\Delta T_i}$	$z_i = \frac{h_{z_i}}{\Delta T_i}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[d]	[mm/d]	[mm/d]	[mm/d]	
T 44	3163,70	3166,75	- 7,61	- 7,66	3158,941	3167,09	- 7,694	- 8,03	- 4,76	+ 0,34	- 4,76	3298,2	- 1,45	+ 0,10	- 1,44	
T 45	3149,72	3152,72	- 13,98	- 14,03	3145,019	3153,34	- 13,922	- 13,75	- 4,70	+ 0,62	- 4,21	3296,6	- 1,43	+ 0,19	- 1,28	
T 46	3127,01	3130,14	- 22,71	- 22,58	3122,203	3130,20	- 22,816	- 23,14	- 4,81	+ 0,06	- 4,61	3294,6	- 1,46	+ 0,02	- 1,40	
T 47	3099,49	3102,49	- 27,52	- 27,65	3094,701	3102,33	- 27,502	- 27,87	- 4,79	- 0,16	- 4,62	3292,6	- 1,46	- 0,05	- 1,40	
T 48	3071,77	3074,82	- 27,72	- 27,67	3066,861	3074,46	- 27,840	- 27,87	- 4,91	- 0,36	- 4,63	3288,2	- 1,49	- 0,11	- 1,41	
T 49	3033,02	3036,09	- 38,75	- 38,73	3028,027	3035,52	- 38,834	- 38,94	- 4,99	- 0,57	- 4,74	3285,8	- 1,52	- 0,17	- 1,44	
T 50	2987,89	2990,97	- 45,13	- 45,12	2982,600	2990,08	- 45,427	- 45,44	- 5,29	- 0,89	- 4,99	3283,7	- 1,61	- 0,27	- 1,52	
T 51	2941,23	2944,23	- 46,66	- 46,74	2935,646	2943,29	- 46,954	- 46,79	- 5,58	- 0,94	- 4,99	3280,7	- 1,70	- 0,29	- 1,52	
T 52	2897,44	2900,44	- 43,79	- 43,79	2891,588	2899,31	- 44,058	- 44,98	- 5,85	- 1,13	- 5,22	3278,5	- 1,79	- 0,33	- 1,59	
T 53 DW	2864,67	2867,95	- 32,77	- 32,49	2858,639	-	- 32,949	- 33,64	- 6,03	-	-	3273,9	- 1,84	-	-	
T 53	2863,90	2866,90	- 0,77	- 1,05	2857,776	2865,67	-	- 0,863	- 6,12	- 1,23	- 5,56	3276,2	- 1,87	- 0,38	- 1,70	

Tabelle 7.

Berechnung der reduzierten Höhen und der Vertikalbewegungen. Fußnivelllement (A14 – T301)

		$T_0 = 23.55.59 - 13 \text{ Uhr}$		$T_0 = 20.5.60 - 17 \text{ Uhr}$		$T_0 + T_0 = \Delta T_0 = 3285,2 \text{ Tage}$		$1/\Delta T_0 = 3,04395 \cdot 10^{-4} \text{ [d]}$																			
Punktbew.-zeichnung	Vert.-beweg.- z_i^1 z_p^x	$-\frac{z_i^1 - z_{i-1}}{2}$	$\frac{z_p^x + z_i^1 - z_{i-1}}{2}$	$\Delta T_0^i =$ $\Delta T_0 - T_0$	$\Delta T_0^i +$ $\Delta T_0 - i-1$	τ_p	$-\frac{z_i^1 - z_{i-1}}{2}$ $(\Delta T_0^i + \Delta T_0^{i-1})$	$(z_p^x + z_i^1 - z_{i-1})$ τ_p^i	$\tau(8)$	$\tau(9)$	$\Delta T_0^i =$ $\Delta T_0^i - T_0^i$	$\Delta T_0^i +$ ΔT_0^{i-1}	τ_p^i	$-\frac{z_i^1 - z_{i-1}}{2}$ $(\Delta T_0^i + \Delta T_0^{i-1})$	$(z_p^x + z_i^1 - z_{i-1})$ τ_p^i	$\tau(15)$	$\tau(16)$	ΔT_0^i 1959	ΔT_0^i 1968	\bar{h}_i	h_i^r	z_i^r	\bar{z}_i	h_i^r	H_i^r		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26		
	[mm/d]	[mm/d]	[mm/d]	[d]	[d]	[d]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[d]	[d]	[h]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm/d]	[mm/d]	[m]	[m]
A 14 H.M.1	0			0							0							0	0	0					560,32	560,32	
BK 1	- 2,86	+ 1,43		- 0,2 - 2,7	- 0,2	- 60,5	- 0,3	+ 7,2	- 0,3	+ 7,2	- 0,2	- 0,2			- 0,3		- 0,3	- 0,3	- 0,3	0	- 9,42	- 2,87	- 0,01	614,30	604,88		
+ 0,4 km	- 3,15 ^x		- 3,85										- 13		+ 2,1		+ 2,1										
B 24	- 4,27	+ 0,70		- 3,0 - 3,1	- 5,7	- 3,5	- 4,0	+ 0,6	- 4,3	+ 7,8	- 0,9	- 1,1			- 0,8		- 1,1	+ 2,9	+ 1,0	- 1,9	- 14,05	- 4,28	- 0,01	708,97	694,92		
B 23	- 3,36	- 0,46		- 3,2	- 6,3			+ 2,9			- 1,4		- 1,0	- 1,9		+ 0,9		- 0,2	+ 6,4	+ 1,9	- 4,5	- 11,06	- 3,37	- 0,01	711,57	700,50	
Camp III bis	- 2,47	- 0,44		- 3,2	- 6,4			+ 2,8			+ 1,4		- 1,0	- 2,0		+ 0,9		+ 0,7	+ 9,2	+ 2,8	- 6,4	- 8,14	- 2,48	- 0,01	721,71	713,57	
+ 1,3 km	- 2,42 ^x		- 2,32										- 18		+ 1,7		+ 3,8										
B 25	- 2,27	- 0,10		- 3,4	- 6,6			+ 0,7			+ 2,1		- 1,9	- 2,9		+ 0,3		+ 1,0	+ 9,9	+ 4,8	- 5,1	- 7,49	- 2,28	- 0,01	793,60	786,11	
BK 2	- 0,21	- 1,03		- 3,4	- 6,8			+ 7,0			+ 9,1		- 1,9	- 3,8		+ 3,9		+ 4,9	+ 16,9	+ 8,7	- 8,2	- 0,69	- 0,21	0	796,64	795,95	
B 26	- 2,65	+ 1,22		- 3,5	- 6,9			- 8,4			+ 0,7		- 2,0	- 3,9		- 4,8		+ 0,1	+ 8,5	+ 3,9	- 4,6	- 8,72	- 2,65	0	802,85	794,12	
Ba1. 6	+ 0,15	- 1,40		- 3,5	- 7,0			+ 9,8			+ 10,5		- 2,0	- 4,0		+ 5,6		+ 5,7	+ 18,3	+ 9,5	- 8,8	+ 0,49	+ 0,15	0	803,36	802,85	
+ 2,2 km (1950)	- 1,69 ^x		- 3,36										- 17		+ 2,4		+ 6,2										
BK 3	- 3,19	+ 1,67		- 3,6 - 4,5	- 7,1	- 20,5	- 12,0	+ 2,7	- 1,5	+ 10,5	- 3,0	- 5,0			- 8,4		- 2,7	+ 6,3	+ 3,5	- 2,8	- 10,50	- 3,19	0	862,18	851,67		
BK 4	- 2,11	- 0,54		- 4,8	- 9,3			+ 5,0			+ 3,5		- 3,25	- 6,25		+ 3,4		+ 0,7	+ 14,0	+ 5,9	- 8,1	- 6,96	- 2,12	- 0,01	911,72	904,77	
+ 0,9 km	- 2,99 ^x		- 5,41										- 14		+ 3,2		+ 9,4										
+ 3,5 km	- 5,31 ^x		- 7,94										- 19		+ 6,3		+ 15,7										
+ 4,2 km	- 6,19 ^x		- 8,62										- 19														
TS 49	- 6,97	+ 2,43		- 5,8	- 10,6			- 25,8			- 22,3		- 5,0	- 8,25		- 20,1		- 19,4	- 5,9	- 3,7	+ 2,2	- 22,93	- 6,97	0	1014,71	991,79	
TS 59	- 8,18	+ 0,60		- 5,9	- 11,7			- 7,0			- 29,3		- 5,0	- 10,0		- 6,0		- 25,4	- 12,9	- 9,7	+ 3,2	- 26,91	- 8,19	- 0,01	1032,22	1005,31	
+ 2,0 km	- 4,84 ^x		- 2,61					- 41			+ 4,5		+ 20,9														
B 28	- 3,72	- 2,23		- 7,7	- 13,6			+ 30,4			+ 1,1		- 5,2	- 10,2		+ 22,7		- 2,7	+ 22,0	+ 13,0	- 9,0	- 12,28	- 3,73	- 0,01	1072,91	1060,63	
Camp IV (49)	- 2,76	- 0,48		- 7,75	- 15,45			+ 7,4			+ 8,5		- 5,3	- 10,5	- 11,5	+ 5,0	+ 1,3	+ 2,3	+ 17,0	+ 29,4	+ 18,0	- 11,4	- 9,08	- 2,76	0	1079,94	1070,86
B 69	- 4,43	+ 0,83		- 7,8	- 15,55			- 12,9			- 4,4		- 5,8	- 11,55		- 9,6		- 7,3	+ 16,5	+ 9,7	- 6,4	- 14,60	- 4,44	- 0,01	1098,64	1084,04	

Fortsetzung Tabelle 7.

Berechnung der reduzierten Höhen und der Vertikalbewegungen Fußnivellelement (A14 – T301).

1) aus Tabelle 4 Spalte (14) $x_{\text{die } z_p\text{-Werte sind interpoliert}}$

Tabelle 8.
Berechnung der reduzierten Höhen und der Vertikalbewegungen. Weaselnivellement (T301 – T53).

Punkte- zeichnung	$T_0 = 23.5.59 - 13$ Uhr			$T'_0 = 20.5.68 - 17$ Uhr			$T'_0 - T_0 = \Delta T_0 = 3285,2$ Tage			$1/\Delta T_0 = 3,04395 \cdot 10^{-4}$ 1/Tag																					
	Vert.- beweg. z_i	$z_i - z_{i-1}$	$z_p +$	$\Delta T_0^i =$ ($T_i - T_0$)	$\Delta T_0^i +$ ΔT_0^{i-1}	T_p	$- \frac{z_i - z_{i-1}}{2}$	$(z_p +$ $\Delta T_0^i + \Delta T_0^{i-1})$	$\varepsilon(8)$	$\varepsilon(9)$	$\Delta T_0^i =$ ($T_i - T_0$)	$\Delta T_0^i +$ ΔT_0^{i-1}	T_p	$- \frac{z_i - z_{i-1}}{2}$	$(z_p +$ $\Delta T_0^i + \Delta T_0^{i-1})$	$\varepsilon(15)$	$\varepsilon(16)$	\bar{h}_0^i 1959	\bar{h}_0^i 1968	\bar{h}_i	h_i^r	z_i^r	\bar{z}_i	h_i^r	h_i^r						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26						
[km]	[mm/d]	[mm/d]	[mm/d]	[d]	[d]	[h]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[d]	[d]	[h]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm/d]	[mm/d]	[m]	[m]					
T 301	- 13,24			+ 8,9			12	- 6,6	+ 9,1 ²⁾	- 211,7 ²⁾	+ 5,7					+ 1,3 ²⁾	- 36,9 ²⁾	- 202,6 ²⁾	- 35,8 ²⁾	+ 167,0	- 43,28	- 13,19	+ 0,05	1613,41	1570,126						
+ 5,9	+ 0,15 ^x		+ 2,81													+ 1,6		- 35,3													
T 0 DW	- 7,91	- 2,66		+ 9,2	+ 18,1		- 48,1		- 39,0		+ 6,8	+ 12,5				- 33,2		- 31,9		- 257,3	- 67,2	+ 190,1	- 25,78	- 7,85	+ 0,06	1662,64	1636,859				
T 0	- 9,50	+ 0,80		+ 9,3	+ 18,5	19	+ 14,8	- 7,5	- 24,2	- 225,8	+ 6,8	+ 13,6				+ 10,9		- 21,0		- 242,5	- 56,3	+ 186,2	- 31,01	- 9,45	+ 0,05	1673,77	1642,750				
T 0 DE	- 9,89	+ 0,20		+ 10,1	+ 20,2		+ 4,0		- 20,2		+ 6,8	+ 13,6				+ 2,7		- 18,3		- 246,0	- 53,6	+ 192,4	- 32,26	- 9,83	+ 0,06	1684,04	1651,782				
T 1	- 8,74	- 0,58		+ 10,1	+ 20,2		- 11,7		- 30,5		+ 6,8	+ 13,6				- 7,9		- 26,2		- 256,3	- 61,5	+ 194,8	- 28,49	- 8,67	+ 0,07	1684,20	1655,716				
TU 1	- 8,27 ^x		- 6,50													62,5		- 16,9		- 52,2											
T 1 + 4,5	- 6,72 ^x		- 4,95													- 228,5		- 29,6		- 55,8											
T 2	- 5,20	- 1,77		+ 10,9	+ 21,0		- 37,2		- 67,7		+ 9,9	+ 16,7				12		- 3,3		- 55,5											
T 2 + 6,3	- 6,00 ^x		- 6,56													- 3,6	- 232,1		+ 11,5		- 44,3										
+ 6,7	- 6,05 ^x		- 6,61													- 56,3	+ 10,7	+ 20,6		- 288,4	- 99,8	+ 188,6	- 20,52	- 6,25	+ 0,06	1798,45	1777,928				
T 3	- 6,31	+ 0,56		+ 11,9	+ 22,8		+ 12,8		- 56,3		+ 10,7	+ 20,6				- 67,7		- 296,2	- 108,0	+ 188,2	- 16,88	- 5,14	+ 0,06	1725,95	1709,071						
T 4	- 4,63	- 0,84		+ 12,3	+ 24,2	13	- 20,3	- 2,5	- 76,6	- 234,6	+ 11,1	+ 21,8	43,5	- 18,3	- 8,4	- 62,6	- 63,9	- 308,7	- 118,1	+ 190,6	- 15,01	- 4,57	+ 0,06	1848,91	1833,906						
T 4 + 4,2	- 5,11 ^x		- 5,54													- 11,2	- 65,4	+ 26,6	3,5	+ 11,4	- 0,8	- 51,2	- 67,9	- 300,0	- 118,3	+ 181,7	- 17,85	- 5,44	+ 0,05	1906,77	1888,925
T 5	- 5,49	+ 0,43		+ 13,1	+ 26,0											- 2,5	- 237,1		12,5		- 2,4										
+ 4,5	- 5,17 ^x		- 4,80													- 10,0	- 75,4			- 70,3											
+ 7,0	- 5,00 ^x		- 4,63																	- 312,5	-	-	-	-	-	1966,97	-				
T 6	- 4,75	- 0,37		+ 14,0	+ 27,1											- 2,1	- 239,2		14		- 61,8										
T 6/1	- 4,75	- 0,37																		- 72,6						- 132,1	-	-	-	-	1953,794
T 6 + 4,9	- 4,40 ^x		- 4,06																												
T 6/14,5	- 4,36 ^x		- 4,02																												
T 6 + 7,0	- 4,25 ^x		- 3,91																												
T 7	- 4,07	- 0,34		+ 15,2	+ 29,2		- 9,9		- 85,3		+ 15,8	+ 30,6									- 10,4										
T 7 + 2,8	- 4,20 ^x		- 4,40																		- 72,2										
+ 4,8	- 4,30		- 4,50																												

1) aus Tabelle 5 Spalte (14)

*die z_p -Werte sind interpoliert

2) Übertrag aus Tabelle 7

Fortsetzung Tabelle 8.

Berechnung der reduzierten Höhen und der Vertikalbewegungen. Weasel nivellelement (T301 – T53).

Punkte- zeichnung	T ₀ = 23,5,59 - 13 Uhr		T ₁ ' = 20,5,68 - 17 Uhr		T ₁ ' - T ₀ = ΔT ₀ = 3285,2 Tage		1/ΔT ₀ = 3,04395 10 ⁻⁴ 1/Tage																						
	Vert.- beweg. z _i 1) z _p x	- $\frac{z_i - z_{i-1}}{2}$	z _p + z _i - z _{i-1}	ΔT ₀ ⁱ = (T _i ' - T ₀) Ankunft Abfahrt	ΔT ₀ ⁱ + ΔT ₀ ⁱ⁻¹ T _p τ _{i-1}	- $\frac{z_i - z_{i-1}}{2}$ (ΔT ₀ ⁱ + ΔT ₀ ⁱ⁻¹)	(z _p + z _i - z _{i-1}) ΔT ₀ ⁱ Ankunft Abfahrt	z(8) z(9)																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26			
	[km]	[mm/d]	[mm/d]	[mm/d]	[d]	[h]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[d]	[d]	[h]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[m]	[m]		
T 8	- 4,46	+ 0,20		+ 16,0	+ 31,2		+ 6,2		- 79,1		+ 16,7 + 16,9		+ 32,5	4	+ 6,5	- 0,7	- 65,7	- 75,9	- 321,2	- 140,9	+ 180,3	- 14,47	- 4,41	+ 0,05	2060,97	2046,500			
T 8 + 6,7	- 4,61 ^x	- 4,75				12,5		- 2,5		- 244,6			13,5		- 2,7	- 78,6													
T 9	- 4,75	+ 0,14		+ 17,0	+ 33,0		+ 4,6		- 74,5		+ 17,8 + 34,7			+	4,9	- 60,8	- 319,1 - 139,4	+ 179,7 + 15,43	- 4,70	+ 0,05	2107,36	2091,933							
T 9 + 5,8	- 4,20 ^x	- 3,60				13		- 1,9		- 246,5			13,5		- 2,0	- 80,6													
+ 6,6	- 4,12 ^x	- 3,52																											
T 10	- 3,55	- 0,60		+ 18,0 + 18,2	+ 35,0	4	- 21,0	- 0,6	- 95,5	- 247,1	+ 18,8	+ 36,6		- 22,0		- 82,8	- 342,0 - 163,4	+ 178,6 + 11,49	- 3,50	+ 0,05	2173,37	2161,879							
T 10 + 0,39	- 3,56 ^x	- 3,72				14		- 2,2		- 249,3			13,5		- 2,2	- 82,8													
+ 7,4	- 3,76 ^x	- 3,92																											
T 11	- 3,86	+ 0,16		+ 19,2	+ 37,4		+ 6,0		- 89,5		+ 19,8 + 20,0	+ 38,6	4,5	+ 6,2	- 0,8	- 76,6	- 83,6 - 338,8	- 159,4 - 179,4	- 12,51	- 3,81	+ 0,05	2240,00	2227,490						
T 11 + 1,4	- 3,87 ^x	- 3,91				12,5		- 2,0		- 251,3			13			- 2,1	- 85,7												
+ 2,9	- 3,89 ^x	- 3,93																											
T 11 A	- 3,94	+ 0,04		+ 20,0	+ 39,2		+ 1,6		- 87,9		+ 20,8 + 40,8			+	1,6	- 75,0	- 339,2 - 160,7	+ 178,5 + 12,76	- 3,88	+ 0,06	2268,51	2255,747							
T 11 A + 5,6	- 4,02 ^x	- 4,08				12,5		- 2,1		- 253,4			14,5		- 2,5	- 88,2													
+ 6,6	- 4,03 ^x	- 4,09																											
T 12	- 4,07	+ 0,06		+ 20,8	+ 40,8		+ 2,4		- 85,5		+ 21,7 + 21,9	+ 42,5	4	+ 2,6	- 0,7	- 72,4	- 88,9 - 338,9	- 160,6 + 178,3	+ 13,21	- 4,03	+ 0,04	2306,46	2293,248						
T 12+ 7,1	- 3,75 ^x	- 3,41				45		- 6,2		- 259,6			36,5		- 5,2	- 94,1													
+ 9,0	- 3,67 ^x	- 3,39				14		- 1,9		- 261,5																			
+ 10,0	- 3,62 ^x	- 3,28																											
T 13	- 3,39	- 0,34		+ 24,0	+ 44,8		- 15,2		- 100,7		+ 24,0 + 45,9			13,5		- 1,9	- 96,0	- 362,2 - 182,1	+ 180,1	- 10,97	- 3,34	+ 0,05	2373,01	2362,038					
T 13+ 2,8	- 3,41 ^x	- 3,43																											
T 14	- 3,44	+ 0,02		+ 24,3 + 24,8	+ 48,3	12	+ 1,0	- 1,7	- 99,7	- 263,2	+ 24,8	+ 48,8		+ 1,0		- 87,0	- 361,2 - 183,0	+ 178,2	- 11,11	- 3,38	+ 0,06	2416,26	2405,147						
T 14+ 4,9	- 3,57 ^x	- 3,67																											
T 15 0W	- 3,63	+ 0,10		+ 25,0	+ 49,8		+ 5,0		- 94,7		+ 25,8 + 35,0	+ 50,6		+ 5,1		- R1,9 - 180,3	- 357,9 - 190,3	+ 177,6	- 11,76	- 3,58	+ 0,05	2446,14	2432,381						
T 15	- 3,65	+ 0,01		+ 25,0 + 25,2	+ 50,0	3,5	+ 0,5	- 0,5	- 94,2	- 263,7	+ 25,8 + 35,0	+ 51,6	220,5	+ 0,5	- 33,5	- R1,4 - 131,9	- 357,4 - 179,9	+ 177,6	- 11,81	- 3,60	+ 0,05	2448,11	2436,299						
T 15 DE	- 3,57	- 0,04		+ 25,2	+ 50,4		- 2,0		- 96,2		+ 35,0	+ 70,0		- 2,8		- 84,2	- 359,9 - 216,1	+ 143,8	- 11,62	- 3,54	+ 0,03	2452,52	2440,906						
T 15+ 3,5	- 3,40 ^x	- 3,12				11		- 1,3		- 265,0			13		- 1,7	- 133,6													
+ 6,9	- 3,19 ^x	- 2,91																											
T 16	- 3,01	- 0,28		+ 25,9	+ 51,1		- 14,3		- 110,5		+ 35,8	+ 70,8		- 19,8		- 104,0	- 375,5 - 237,6	+ 137,9	- 9,80	- 2,98	+ 0,03	2490,61	2480,815						

Fortsetzung Tabelle 8.

Berechnung der reduzierten Höhen und der Vertikalbewegungen. Weaselnivellement (T301 – T53).

Fortsetzung Tabelle 8.

Berechnung der reduzierten Höhen und der Vertikalbewegungen. Weaselnivellelement (T301 – T53).

Fortsetzung Tabelle 8.

Berechnung der reduzierten Höhen und der Vertikalbewegungen. Weaselnivellelement (T301 – T53).

Tabelle 9.

Die Vertikalbewegungen zwischen A 14 und T 301 (Fußnivelllement).

Punktbestimmung	Entfernung von A 14	Horizontalbewegung nach 5 in 9 Jahren d_i	Höhenänderung wegen der Neigung in 9 Jahren $d_i t g \epsilon$	h_i^r (Tabelle 6, Spalte 22)	$h_{z_i}^r =$ $h_i^r + d_i t g \epsilon$ $- \Delta a_i$	z_i^r
1	2	3	4	5	6	7
	[km]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m/a]
A 14	-	-	-	-	-	-
BK 1	2,2	175	- 12,85	- 9,42	+ 3,2	+ 0,34
B 24	4,6	209	- 4,9	- 14,05	- 9,6	- 1,07
B 23	5,1	216	- 6,6	- 11,06	- 5,0	- 0,56
Camp III bis	6,2	231	- 3,8	- 8,14	- 4,8	- 0,53
B 25	9,1	272	- 5,7	- 7,49	- 2,3	- 0,26
BK 2	9,7	281	- 2,0	- 0,69	+ 0,6	+ 0,07
B 26	10,0	285	- 3,4	- 8,72	- 5,8	- 0,64
Bal. 6	10,5	292	+ 6,75	+ 0,49	- 6,8	- 0,75
BK 3	14,6	350	- 1,3	- 10,50	- 10,3	- 1,14
BK 4	19,8	423	- 3,0	- 6,96	- 4,1	- 0,46
TS 49	24,7	492	- 17,9	- 22,93	- 4,9	- 0,54
TS 59	25,1	498	- 18,3	- 26,91	- 9,1	- 1,01
B 28	27,8	536	- 8,3	- 12,28	- 4,5	- 0,50
Camp IV (49)	28,7	549	- 13,4	- 9,08	+ 3,8	+ 0,42
B 29	29,2	556	- 18,1	- 14,60	+ 4,0	+ 0,44
K 0	30,6	576	- 21,0	- 17,12	+ 3,2	+ 0,36
K 1	32,7	605	- 8,5	- 11,77	- 3,7	- 0,41
B 31	33,9	622	- 6,4	- 4,18	+ 1,7	+ 0,19
K 2	36,1	653	- 13,4	- 12,81	+ 0,1	+ 0,01
B 32	37,2	668	- 8,3	- 8,71	- 0,9	- 0,10
K 3	40,2	710	- 12,0	- 7,12	+ 4,4	+ 0,49
R 1	40,2	710	- 12,0	- 6,20	+ 5,3	+ 0,59
T 301	79,9	1095	- 38,75	- 43,28	- 8,78	- 0,97
T 0	88,9	1182				

Tabelle 10.
Zusammenstellung der Höhen und der Vertikalbewegungen
von T301 – T53 (Weaselnivelllement).

Punktbezeichnung	Höhe des Balisenfußes 1959 h_i^r	Schnee-höhe 1959 h_{1i}^r	Höhe des Balisenfußes 1968 h_i^r	Schnee-höhe an der Bal. 1968 h_{2i}^r	Balisen-klammer 1968	Standp. 59 (endgültige) Schneehöhe 1968 h_{1i}^r	h_i^r Balisen-fußpunkt 68 – 59 (4) – (2)	h_{2i}^r Bal. 68 (5) – (3)	Schneehöhenzuwachs Tabelle 3 Spalte 6 (9) – (8)	h_{1i}^r Bal. 59 (7) – (3)	$h_{z_i}^r$ = $h_{1i}^r - a_i$	z_{1i}^r	z_{1i}^r
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m/a]	[m/a]	
T 301	1613,41	1615,27	1570,126	1576,24	1576,347	-	- 43,28	- 39,03	- 4,25	-	-	-	-
T 0 DW	1662,64	1663,99	1636,859	1647,78	1648,039	-	- 25,78	- 16,21	- 9,57	-	-	-	-
T 0	1673,77	1676,79	1642,750	1652,04	1652,210	(1676,02)	- 31,02	- 24,75	- 6,27	(- 0,77)	- 7,04	- 0,09	- 0,78
T 0 DE	1684,04	1685,39	1651,782	1661,20	1661,442	-	- 32,26	- 24,19	- 8,07	-	-	-	-
T 1	1684,20	1687,22	1655,716	1665,04	1665,196	(1686,72)	- 28,48	- 22,18	- 6,30	(- 0,50)	- 6,80	- 0,06	- 0,76
T 2	1725,95	1729,03	1709,071	1721,62	1721,808	1729,09	- 16,88	- 7,41	- 9,47	+ 0,06	- 9,41	+ 0,01	- 1,05
T 3	1798,45	1801,76	1777,928	1788,98	1789,121	1802,30	- 20,52	- 12,78	- 7,74	+ 0,54	- 7,20	+ 0,06	- 0,80
T 4	1848,91	1852,13	1833,906	1846,98	1847,147	1852,51	- 15,00	- 5,15	- 9,85	+ 0,38	- 9,47	+ 0,04	- 1,05
T 5	1906,77	1910,17	1888,925	1901,42	1901,606	1910,92	- 17,85	- 8,75	- 9,10	+ 0,75	- 8,35	+ 0,08	- 0,93
T 6	1966,97	1970,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T 6/1	-	-	1953,794	1964,41	1964,684	-	-	-	-	-	-	-	-
T 7	2009,48	2012,73	1996,288	2008,28	2008,484	2013,67	- 13,19	- 4,45	- 8,74	+ 0,94	- 7,80	+ 0,10	- 0,87
T 8	2060,97	2064,03	2046,500	2059,42	2059,615	2065,08	- 14,47	- 4,61	- 9,86	+ 1,05	- 8,81	+ 0,12	- 0,98
T 9	2107,36	2110,62	2091,933	2103,82	2104,100	2111,47	- 15,43	- 6,80	- 8,63	+ 0,85	- 7,78	+ 0,09	- 0,87
T 10	2173,37	2176,74	2161,879	2174,79	2174,963	2177,65	- 11,49	- 1,95	- 9,54	+ 0,91	- 8,63	+ 0,10	- 0,96
T 11	2240,00	2243,16	2227,490	2239,62	2239,841	2244,20	- 12,51	- 3,54	- 8,97	+ 1,04	- 7,93	+ 0,12	- 0,88
T 11 A	2268,51	2269,65	2255,747	2266,42	2266,663	2271,09	- 12,76	- 3,23	- 9,53	+ 1,44	- 8,10	+ 0,16	- 0,90
T 12	2306,46	2309,86	2293,248	2305,85	2306,050	2310,64	- 13,21	- 4,01	- 9,20	+ 0,78	- 8,43	+ 0,09	- 0,94
T 13	2373,01	2376,19	2362,038	2374,48	2374,664	2377,30	- 10,97	- 1,71	- 9,26	+ 1,11	- 8,15	+ 0,12	- 0,90
T 14	2416,26	2419,50	2405,147	2417,25	2417,491	2420,57	- 11,11	- 2,25	- 8,86	+ 1,07	- 7,79	+ 0,12	- 0,87
T 15 DW	2444,14	2447,19	2432,381	2453,03	2445,182	-	- 11,76	- 2,16	- 9,60	-	-	-	-
T 15	2448,11	2451,42	2436,299	2448,96	2449,040	2452,86	- 11,81	- 2,46	- 9,35	+ 1,44	- 7,92	+ 0,16	- 0,88
T 15 DE	2452,52	2455,53	2440,906	2452,98	2453,051	-	- 11,61	- 2,55	- 9,06	-	-	-	-
T 16	2490,61	2493,81	2480,815	2493,06	2493,095	2494,77	- 9,79	- 0,75	- 9,04	+ 0,96	- 8,09	+ 0,11	- 0,90
T 17	2529,55	2532,54	2519,987	2532,01	2532,259	2533,71	- 9,56	- 0,53	- 9,03	+ 1,17	- 7,86	+ 0,13	- 0,87
T 18	2577,70	2580,80	2668,327	2580,37	2580,634	2581,47	- 9,37	- 0,43	- 8,94	+ 0,67	- 8,26	+ 0,07	- 0,92
T 19	2618,69	2621,79	2609,364	2621,28	2621,652	2622,87	- 9,33	- 0,51	- 8,82	+ 1,08	- 7,74	+ 0,12	- 0,86
T 20	2659,56	2662,65	2650,726	2662,32	2662,342	2663,26	- 8,83	- 0,33	- 8,50	+ 0,61	- 7,90	+ 0,07	- 0,88
T 21	2692,16	2695,21	2683,689	2695,22	2695,372	2695,95	- 8,47	+ 0,01	- 8,48	+ 0,74	- 7,74	+ 0,08	- 0,86
T 22	2717,81	2721,01	2709,449	2720,96	2721,158	2721,88	- 8,36	- 0,05	- 8,31	+ 0,87	- 7,44	+ 0,10	- 0,82
T 23	2749,85	2752,87	2741,824	2753,26	2753,459	2754,15	- 8,03	+ 0,39	+ 8,42	+ 1,28	- 7,14	+ 0,14	- 0,79
T 24	2788,24	2791,34	2780,321	2791,50	2791,607	2792,17	- 7,92	+ 0,16	+ 8,08	+ 0,83	- 7,25	+ 0,09	- 0,80
T 25	2820,34	2823,44	2812,732	2823,65	2823,841	2824,54	- 7,61	+ 0,21	- 7,82	+ 1,10	- 6,72	+ 0,12	- 0,74
T 26	2843,61	2846,51	2836,465	2847,16	2847,356	2847,49	- 7,15	+ 0,65	- 7,80	+ 0,98	- 6,82	+ 0,11	- 0,76

¹⁾
aus Tabelle 3, Spalte (6)

Fortsetzung Tabelle 10.
**Zusammenstellung der Höhen und der Vertikalbewegungen
von T301 – T53 (Weaselnivellement).**

Punktbezeichnung	Höhe des Balisenfußes 1959 h_1^r	Schneehöhe 1959 h_{1i}^r	Höhe des Balisenfußes 1968 h_1^r	Schneehöhe an der Bal. 1968 h_{2i}^r	Balisenklammer 1968 h_{1i}^r	Standp. 59 (endgültige) Schneehöhe 1968 h_{1i}^r	h_{21}^r Bal. 68 Balisenfußpunkt 68 – 59 (5) – (3)	Schneehöhenzuwachs Tabelle 3 Spalte 6 (9) – (8)	h_{1i}^r Bal. 59 (7) – (3)	$h_{z_i}^r$ $= h_{1i}^r - a_i$	z_{1i}^r	z_{1i}^r	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m/a]	[m/a]	
T 27	2867,27	2870,25	2860,208	2870,90	2871,108	2871,28	- 7,06	+ 0,65	- 7,71	+ 1,03	- 6,68	+ 0,11	- 0,74
T 28	2894,24	2897,44	2886,937	2897,57	2897,630	2898,05	- 7,30	+ 0,13	- 7,43	+ 0,61	- 6,82	+ 0,07	- 0,76
T 29	2925,49	2928,47	2918,982	2929,10	2929,345	2929,42	- 6,51	+ 0,63	- 7,14	+ 0,95	- 6,19	+ 0,11	- 0,69
T 30	2944,92	2948,07	2938,512	2948,55	2948,844	2949,01	- 6,41	+ 0,48	- 6,89	+ 0,94	- 5,95	+ 0,10	- 0,66
T 31 DW	2959,90	2962,90	2953,738	2963,59	2964,086	-	- 6,16	+ 0,69	- 6,85	-	-	-	-
T 31	2960,51	2963,68	2954,311	2964,40	2964,630	2964,86	- 6,20	+ 0,72	- 6,92	+ 1,18	- 5,73	+ 0,13	- 0,63
T 32	2982,08	2985,33	2975,944	2985,95	2986,303	2986,26	- 6,14	+ 0,62	- 6,76	+ 0,93	- 5,83	+ 0,10	- 0,65
T 33	3001,53	3004,53	2995,593	3005,37	3005,888	3005,56	- 5,94	+ 0,84	- 6,78	+ 1,03	- 5,75	+ 0,11	- 0,64
T 34	3023,26	3026,42	3017,628	3027,16	3027,313	3027,36	- 5,63	+ 0,74	- 6,37	+ 0,94	- 5,44	+ 0,10	- 0,60
T 35	3046,98	3049,99	3041,386	3050,59	3050,783	3050,84	- 5,59	+ 0,60	- 6,19	+ 0,85	- 5,34	+ 0,09	- 0,59
T 36	3065,23	3068,33	3059,815	3068,95	3069,114	3069,17	- 5,41	+ 0,62	- 6,03	+ 0,84	- 5,20	+ 0,09	- 0,58
T 37	3082,08	3085,25	3076,616	3086,02	3086,204	3086,15	- 5,46	+ 0,77	- 6,23	+ 0,90	- 5,34	+ 0,10	- 0,59
T 38	3100,81	3103,93	3095,636	3104,70	3104,930	3104,81	- 5,17	+ 0,77	- 5,94	+ 0,88	- 5,06	+ 0,10	- 0,56
T 39	3116,84	3119,88	3111,781	3120,58	3120,769	3120,67	- 5,06	+ 0,70	- 5,76	+ 0,79	- 4,97	+ 0,09	- 0,55
T 40	3135,67	3138,78	3130,758	3139,54	3139,750	3139,60	- 4,91	+ 0,76	- 5,67	+ 0,82	- 4,84	+ 0,09	- 0,54
T 41	3148,78	3151,89	3143,939	3152,49	3152,688	3152,52	- 4,84	+ 0,60	- 5,44	+ 0,63	- 4,81	+ 0,07	- 0,53
T 42	3160,66	3163,72	3155,904	3164,37	3164,608	3164,31	- 4,76	+ 0,65	- 5,41	+ 0,59	- 4,82	+ 0,07	- 0,53
T 43	3170,83	3173,92	3166,265	3174,78	3174,923	3174,75	- 4,57	+ 0,85	- 5,43	+ 0,83	- 4,59	+ 0,09	- 0,51
T 44	3163,22	3166,27	3158,565	3166,71	3166,950	3166,61	- 4,66	+ 0,44	+ 5,10	+ 0,34	- 4,76	+ 0,04	- 0,53
T 45	3149,24	3152,24	3144,644	3152,47	3152,998	3152,96	- 4,60	+ 0,23	+ 4,83	+ 0,72	- 4,11	+ 0,08	- 0,46
T 46	3126,53	3129,66	3121,830	3129,63	3129,641	3129,83	- 4,70	- 0,03	+ 4,67	+ 0,17	- 4,50	+ 0,02	- 0,50
T 47	3099,01	3102,01	3094,328	3101,79	3101,901	3101,96	- 4,68	- 0,22	+ 4,46	- 0,05	- 4,51	- 0,01	- 0,50
T 48	3071,29	3074,34	3066,493	3073,81	3073,994	3074,09	- 4,80	- 0,53	+ 4,27	- 0,24	- 4,51	- 0,03	- 0,50
T 49	3032,54	3035,61	3027,661	3034,90	3035,135	3035,15	- 4,88	- 0,71	+ 4,17	- 0,46	- 4,63	- 0,05	- 0,51
T 50	2987,41	2990,49	2982,240	2989,42	2989,637	2989,72	- 5,17	- 1,07	+ 4,10	- 0,77	- 4,87	- 0,09	- 0,54
T 51	2940,76	2943,76	2935,294	2942,33	2942,690	2942,94	- 5,47	- 1,43	+ 4,04	- 0,81	- 4,85	- 0,09	- 0,54
T 52	2896,97	2899,97	2891,243	2898,33	2898,608	2898,96	- 5,73	- 1,64	+ 4,09	- 1,01	- 5,10	- 0,11	- 0,57
T 53 DW	2864,20	2867,48	2858,295	2865,91	2866,233	-	- 5,90	- 1,57	+ 4,33	-	-	-	-
T 53	2863,43	2866,43	2857,436	2864,76	2864,928	2865,33	- 5,99	- 1,67	+ 4,32	- 1,10	- 5,43	- 0,12	- 0,60
T 53 DE	2862,12	2865,35	2856,042	2863,32	2863,180	-	- 6,08	- 2,03	+ 4,05	-	-	-	-
T 53 DS	2864,43	2867,43	2858,332	2865,50	2865,908	-	- 6,10	- 1,93	+ 4,17	-	-	-	-
T 53 DN	2861,69	2864,74	2855,731	2863,09	2863,777	-	- 5,96	- 1,65	+ 4,31	-	-	-	-



MEDDR GRÖNLAND Bd. 187, Nr. 4 (H. J. SECKEL)

