

Eisbewegungen am Eqip Sermia und im westlichen Randgebiet des grönländischen Inlandeises (EGIG Arbeitsgebiet)

Von W. Zick *

Zusammenfassung: In Fortführung früherer Messungen wird über Lage- und Bewegungsbestimmungen am Gletscher Eqip Sermia und im westlichen Ende des EGIG-Profiles berichtet.

Summary: In continuation of earlier observations some measurements were carried out to determine the vertical and horizontal movement of the Eqip Sermia glacier and of some markers in the region of the western end of the EGIG-profile in the Disko-Bugt, Greenland.

Während einer Vorexpedition zur Erkundung der Verhältnisse im Ablationsgebiet bei starker Ablation hielt sich der Verfasser zusammen mit Prof. Dr. Thyssen vom 12. Juli bis 6. August 1971 im westlichen Arbeitsbereich der Internationalen Glaziologischen Grönland-Expedition (EGIG) auf. Bewußt war sowohl die Teilnehmerzahl als auch die Ausrüstung auf ein Minimum beschränkt. Dennoch konnten in Anlehnung an frühere Arbeiten ([2], [3], [5]) mit einem Theodolit DKM 1 Messungen durchgeführt werden, die zur Bestimmung der Lage und Bewegung von Punkten auf dem Eis dienen.

1. Eqip Sermia

Die Veränderungen der Front des Gletschers sind seit 1912 festgehalten; seit 1948 wurden sowohl die Front als auch die Bewegungen einzelner Eistürme im Gletscher mehrfach von den Punkten A 1 und A 1' (Abb. 1) trigonometrisch bestimmt. Während A 1 in Felsen dauerhaft vermarktet aufgefunden wurde, mußte A 1' wiederhergestellt werden. Der Winkel zwischen dem schon früher als Anschlußpunkt benutzten, ~ 14 km von A 1 entfernten und durch Steinmann gekennzeichneten T. P. Qapiarfit der Dänischen Landesvermessung und dem neuen A 1' gemessenen auf A 1 stimmt mit $85^{\circ}46'33''$ mit dem 1959 gemessenen ($85^{\circ}46'32'',4$) gut überein; die Entfernung ist mit 172.40 m $\pm 0,03$ m um 23 cm kürzer als der in [3] angegebene Wert; die Koordinaten von A 1' wurden durch Anhängen an A 1 neu berechnet.

Der von A 1 und A 1' sichtbare Verlauf der Front wurde am 15. Juli, 24. Juli und 4. August mit durchschnittlich 8 Punkten eingemessen und ist zusammen mit einigen früheren Bestimmungen, die der ausführlichen Veröffentlichung [5] entnommen wurden, in Abb. 1 eingetragen. Der Gletscher ist danach in seinem südlichen Teilstrom auf einer Breite von fast 2 km seit 1964 um durchschnittlich 600 m zurückgegangen.

Um die Bewegungen des Gletschers zu erfassen, wurden in der Zeit vom 15. Juli bis 5. August insgesamt 9 natürliche Ziele (markante Eistürme) verfolgt, davon eins über den Zeitraum von 21 Tagen, fünf über 12 Tage und drei über 6 Tage hinweg. Die Lage zweier Punkte an den verschiedenen Tagen ist in Abb. 2 u. 3 zusammen mit den Höhenänderungen und der großen Halbachse der Fehlerellipse einer Punktbestimmung eingetragen. Alle Berechnungen wurden zur besseren Vergleichbarkeit wie in [5] mitgeteilt und mit den gleichen Bezeichnungen durchgeführt. In Tabelle 1 sind die Ergebnisse zusammengestellt.

* Dipl. Ing. Wolfgang Zick, Geodätisches Institut der Universität (TH), 75 Karlsruhe, Englerstr. 7

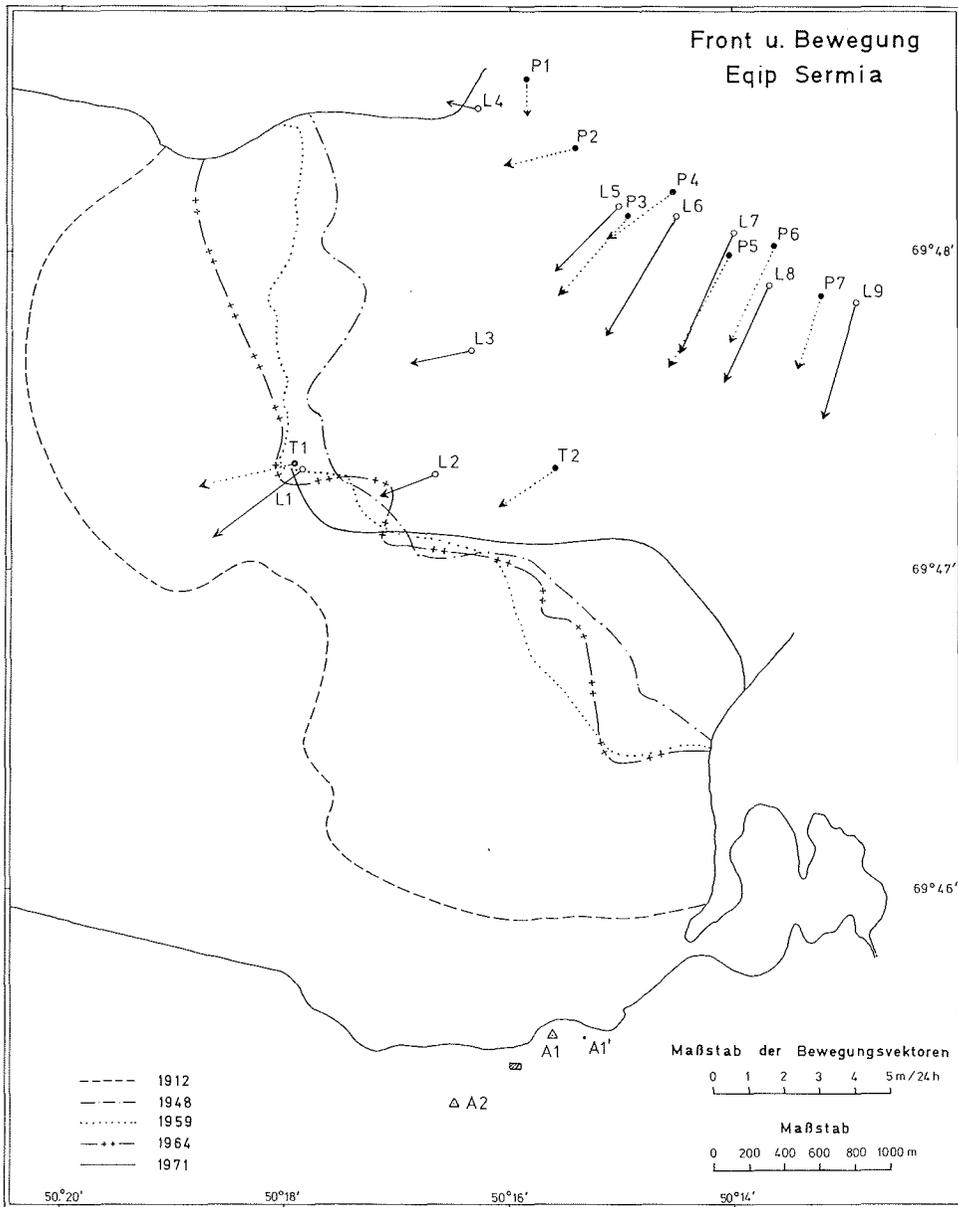


Abb. 1: Front und Bewegung des Gletschers Eqip Sermia.
Fig. 1: Front and movement of the Eqip Sermia glacier.

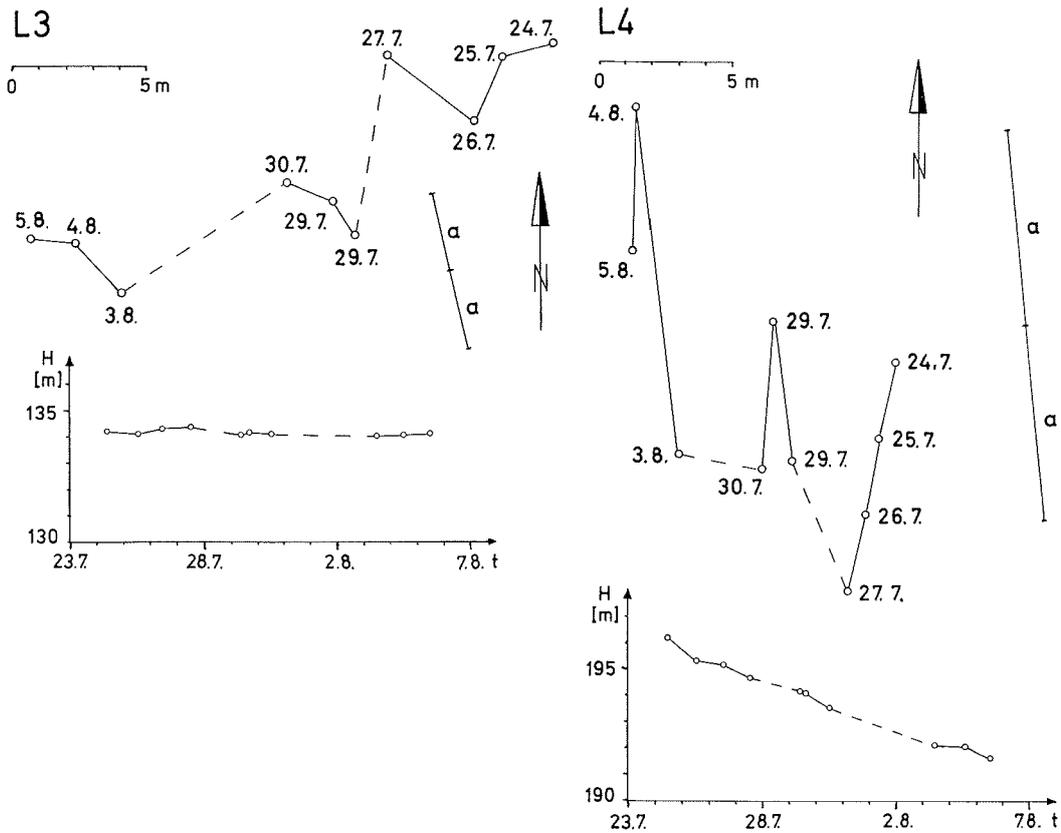


Abb. 2 und 3: Lage- und Höhenänderung der Gletscherpunkte L3 und L4.
 Fig. 2 and 3: Horizontal and vertical movement of the icetowers L3 and L4.

Tabelle 1

Pkt.	P	a	b	Z_a	$d \pm M_d$	$Z \pm M_Z$	d_t	M_{D_t}	rel.F. \vec{D}_t	$h_t \pm M_{h_t}$
	[m]	[m]	[m]	[°]	[m]	[°]	[m]	[m]	[°/°]	[m]
L 1	3570	3,8	0,1	334	$38,2 \pm 1,1$	232 ± 8	$3,2 \pm 0,1$	$\pm 0,5$	16	$-0,60 \pm 0,01$
L 2	3310	3,0	0,1	346	$21,1 \pm 0,5$	250 ± 11	$1,7 \pm 0$	$\pm 0,3$	18	$\pm 0 \pm 0,01$
L 3	3980	4,2	0,1	352	$36,9 \pm 0,1$	259 ± 9	$1,8 \pm 0$	$\pm 0,3$	17	$-0,02 \pm 0,01$
L 4	5370	7,6	0,1	354	$11,7 \pm 6,1$	283 ± 50	$1,0 \pm 0,5$	$\pm 1,0$	100	$-0,38 \pm 0,01$
L 5	4800	4,8	0,1	4	$31,1 \pm 5,1$	225 ± 8	$2,6 \pm 0,4$	$\pm 0,5$	19	$-0,41 \pm 0,01$
L 6	4780	5,9	0,1	7	$24,3 \pm 7,6$	211 ± 8	$4,0 \pm 1,2$	$\pm 1,3$	33	$-0,39 \pm 0,01$
L 7	4750	5,9	0,1	12	$23,6 \pm 8,1$	205 ± 5	$3,8 \pm 1,3$	$\pm 1,3$	34	$-0,30 \pm 0,01$
L 8	4500	5,3	0,1	15	$19,2 \pm 7,4$	205 ± 4	$3,1 \pm 1,2$	$\pm 1,2$	39	$-0,41 \pm 0,01$
L 9	4570	5,6	0,1	20	$42,7 \pm 7,9$	196 ± 1	$3,5 \pm 0,6$	$\pm 0,6$	17	$-0,37 \pm 0,01$

- p = mittlere Entfernung A 1 — P_i
- a = große Halbachse der Fehlerellipse
- b = kleine Halbachse der Fehlerellipse
- Z_a = Azimut von a

- $d \pm M_d$ = Länge des Verschiebungsvektors \pm mittlerer Fehler
 $Z \pm M_Z$ = Azimut des Verschiebungsvektors \pm mittlerer Fehler
 $d_t \pm M_{d_t}$ = mittlere tägliche Verschiebung \pm mittlerer Fehler
 $M_{D_t}^{\rightarrow}$ = mittlerer Fehler des täglichen Verschiebungsvektors
 $h_t \pm M_{h_t}$ = mittlere tägliche Höhenänderung \pm mittlerer Fehler
 $\text{rel.F. } D_t^{\rightarrow} = \frac{M_{D_t}^{\rightarrow}}{d_t} \cdot 100 \%$

Der mittlere Fehler der Bestimmungsrichtungen wurde mit $\pm 20^{\text{cc}}$ angenommen. Entsprechend den Herleitungen in [5] ist:

$$M_d = \pm \sqrt{2 \cdot \sqrt{a^2 \cos^2 \Delta + b^2 \sin^2 \Delta}} \quad \text{mit } \Delta = Z - Z_0$$

$$M_Z = \pm \frac{\sqrt{2}}{d} \cdot \sqrt{a^2 \sin^2 \Delta + b^2 \cos^2 \Delta}$$

$$M_{D_t}^{\rightarrow} = \pm \sqrt{M_{d_t}^2 + d_t^2 \cdot M_Z^2}$$

Der mittlere Fehler einer Höhenbestimmung berechnet aus den Doppelmessungen von A 1 und A 1' (systematischer Unterschied < 5 cm mit Ausnahme von L 1 mit 34 cm) ist im Mittel $\pm 0,08$ m.

In Abbildung 1 sind alle Punkte L_i mit den Verschiebungsvektoren zusammen mit den von Bauer 1959 vom 5. bis 9. Juli eingemessenen Punkten P_i und T_i aus [5] eingetragen. Entsprechend der kürzeren Beobachtungsdauer ist der rel. Fehler von D_t 1959 immer größer als 46 ‰.

Wie aus der Lage der großen Halbachse a der Fehlerellipse der Punkte L 3 und L 4, deren Bewegungen stellvertretend für die übrigen in Abbildung 2 und 3 dargestellt sind, zu erkennen ist, sind die großen Sprünge der täglichen Veränderung durch den ungünstigen Schnittwinkel der Bestimmungsrichtungen verursacht. Die Punkte L 2 und L 3 liegen in dem Teil des Gletschers, unter dem nach Bauer [3], [5] ein unterirdisches Hindernis zu vermuten ist; dies scheint neben der kleineren Geschwindigkeit auch die geringere tägliche Höhenänderung, die früher nie gemessen wurde, zu bestätigen. L 1 brach am 26. Juli ins Meer ab. Seine Geschwindigkeit stimmt mit den seit 1948 teilweise auch aus Luftbildern bestimmten Werten der Frontgeschwindigkeit überein ([3], [5], [6]); eine Ausnahme bilden die aus Luftbildern gewonnenen Geschwindigkeiten von 1964 mit $\sim 2,5$ m/d ([7]).

Für künftige Messungen sollte eine neue größere Basis parallel zur Fließrichtung des Gletschers bei der orographisch linken Moräne benutzt werden. Schon in [3] schlägt Bauer simultane Zielungen mit zwei Theodoliten oder Fototheodoliten vor; von Interesse wären auch simultane Messungen in stündlichem Abstand über mehrere Tage.

2. EGIG-Punkte am Rande des Inlandeises

Ausgehend von den auf Fels liegende Punkten A 14 und A 15 des Triangulationsnetzes von 1959 wurden die aufgefundenen Signale BK 1 (Alu-Tetraeder), B 21 (wieder über dem Balkenkreuz aufgerichtete Balise), B 23 und B 24 (jeweils Alu-Tetraeder) mit Hilfe der neuen Zwischenpunkte Z 1 und Z 2 gemäß Abbildung 4 eingemessen. Als Fernziel wurde von allen Standpunkten der Steinmann auf Qapiarfit angezielt. Die im Vergleich mit früheren Beobachtungen berechneten jährlichen Verschiebungen m/j sind in Tabelle 2 angegeben.

Tabelle 2

Pkt.	m/j	Azimut [°]	Abstand von A 14 [km] (1971 bzw. 1959)	Zeitraum
BK 1	12,7 ± 0,1	288	1,0	1959—1971
BK 1	18,8 ± 1,7	272	1,1*	1.7.—11.8.1959*
B 15	18,0 ± 0,2	270	1,2*	1948/49—1959*
B 21	17,2 ± 0,1	270	1,1	1959—1971
B 23	31,0 ± 0,2	266	3,1	1959—1971
B 24	34,2 ± 0,2	256	3,0	1959—1971
Bal 6	28,8 ± 0,5	272	7,9*	1948—1959*

Auffallend ist die geringe Geschwindigkeit von BK 1. Dieser Punkt liegt jedoch 1971 nur noch etwa 14 m von der Grenze zum schwarzen Eis der Vormoräne auf dem weißen Inlandeis. Im allgemeinen ist eine höhere Geschwindigkeit des Eises mit zunehmender Entfernung vom Rand zu beobachten (vgl. [4]). Die hohen Werte von B 23 und B 24 werden dadurch verständlich, daß die Punkte bei der Signalisierung weithin sichtbar auf dem Grat einer Welle standen und nun den Hang hinunterwandern; die Balise 6 steht jedoch immer noch auf einem breiten Rücken.

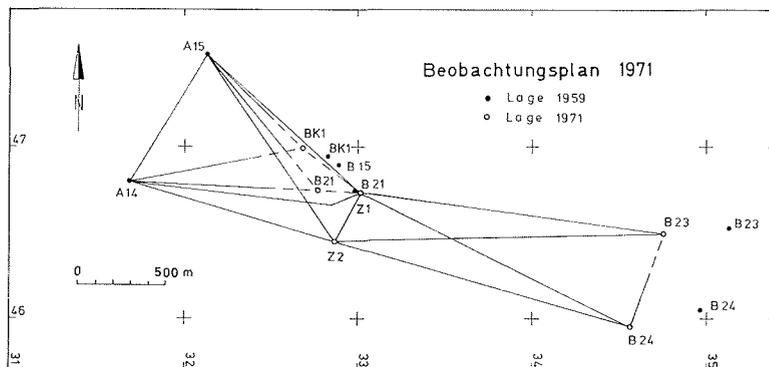


Abb. 4: Beobachtungsplan 1971 und die Lage der Signale 1959 und 1971.

Fig. 4: Observation map 1971 and the movement of the markers 1959—1971.

Die Koordinaten wurden auf der Grundlage der in [4] angegebenen Ausgangspunkte für A 14 und A 15 berechnet und sind in Tabelle 3 zusammengestellt.

Tabelle 3

Pkt.	Y (N) [m]	X (E) [m]	H [m]	Datum
BK 1	46 990,6 ± 0,1	32 679,7 ± 0,1	598,6	20. 7. 71
	46 944,5	32 823,2	610,0	11. 8. 59*
	46 944,0	32 825,3	611,1	1. 7. 59*
B 21	46 746,2 ± 0,1	32 778,0 ± 0,1	611,8	20. 7. 71
	46 744,9	32 984,9	635,7	1959*
B 23	46 498,3 ± 0,1	34 760,0 ± 0,4	694,7	20. 7. 71
	46 526,1	35 130,9	709,5	1959*
B 24	45 952,9 ± 0,1	34 563,3 ± 0,4	689,4	20. 7. 71
	46 048,7	34 962,7	706,9	1959*

* Übernommen aus [4]; die Lage der Punkte 1959 ist der Abbildung 4 zu entnehmen.

Die Höhen wurden von A 14 (560,4 m) und A 15 (561,4 m) trigonometrisch übertragen. Bekanntlich herrschen über dem Eis außergewöhnliche Refraktionsverhältnisse; nach Mitteilungen und Untersuchungen in [8], [9] und [10] können Refraktionskoeffizienten k von $-1,3$ bis $+4,0$ auftreten, wobei Werte zwischen $+0,2$ und $+0,8$ am häufigsten sind. In jedem Fall sollten die Zenitdistanzen gegenseitig gleichzeitig gemessen werden, obwohl der örtlich verschieden wirksame Refraktionskoeffizient das Ergebnis immer noch verfälschen wird. In Tabelle 4 sind die Höhenunterschiede ohne Berücksichtigung eines Refraktionskoeffizienten nur mit dem Einfluß der Erdkrümmung angegeben. Die Höhen in Tabelle 3 wurden aus den Mittelwerten von Hin- und Rückmessungen berechnet.

Tabelle 4

von — nach	Datum	Δh ($k=0$) [m]	von — nach	Datum	Δh ($k=0$) [m]	s [m]
A 14— Z 1	19. 7.	+75.49	Z 1 —A 14	20. 7.	—75.28	1326
A 15— Z 1	19. 7.	+74.59	Z 1 —A 15	20. 7.	—74.17	1196
A 14— Z 2	19. 7.	+63.59	Z 2 —A 14	20. 7.	—63.05	1223
A 15— Z 2	19. 7.	+62.53	Z 2 — A 15	20. 7.	—62.05	1313
A 14—BK 1	19. 7.	+38.38	Z 1 —BK 1	20. 7.	—37.04	1010/423
A 15—BK 1	19. 7.	+37.35				776
		+51.68				
A 14—B 21	19. 7.	+50.65	Z 1 —B 21	20. 7.	—23.79	1090/237
A 15—B 21	19. 7.					1024
Z 1 —B 23	20. 7.	+59.25	B 23—Z 1	22. 7.	—58.67	1761
Z 1 —B 24	20. 7.	+54.13	B 24—Z 1	22. 7.	—53.21	1734
Z 2 —B 23	20. 7.	+71.19	B 23—Z 2	22. 7.	—70.62	1898
Z 2 —B 24	20. 7.	+66.17	B 24—Z 2	22. 7.	—65.19	1772
			B 24—B 23	22. 7.	+ 5.51	580
Z 2 —Z 1	20. 7.	+12.06	Z 1 —Z 2	20. 7.	—11.95	321

Die innere Genauigkeit der verwendeten Zenitdistanzen ist besser als $\pm 15''$. Alle Höhenunterschiede weisen je nach Beobachtungsrichtung systematische Differenzen auf, aus denen geschlossen werden kann, daß während der Messungen in diesem Gebiet die wirksamen Refraktionskoeffizienten meist zwischen $+1$ und $+2$ gelegen haben. Die Zahl der Beobachtungen ist zu gering, um genaue Aussagen machen zu können; zweifellos lohnt es sich aber bei künftigen Expeditionen, die hier auftretenden Refraktionsanomalien eingehender zu untersuchen, besonders auch im Hinblick auf ihr Übergreifen über das eisbedeckte Gebiet hinaus und auf eventuelle Abhängigkeiten von der Topographie.

Die Expedition wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft, der Universität Karlsruhe und der Deutschen Gesellschaft für Polarforschung unterstützt, wofür an dieser Stelle gedankt sei. Der Verfasser dankt besonders Herrn Prof. Dr. Thyssen für die Hilfe bei den Messungen.

L i t e r a t u r

- (1) Expéditions Polaires Françaises : (1949) Carte de la Montée vers l'Inlandsis 1 : 20 000, Institut Géographique National, veröffentlicht in (2)
- (2) Bauer, A. : Triangulation côtière de la Région de l'Ege. Expéditions Polaires Françaises, Campagne au Groenland 1948. Annales de Géophysique, T.9, F.1, S 1—41, Paris 1953
- (3) Bauer, A. : Le Glacier de l'Ege. Expéditions Polaires Françaises, Glaciologie Groenland. Actualités Scientifiques et Industrielles no. 1225, Paris 1955
- (4) Bauer, A. : Mouvement et variation d'altitude de la zone d'ablation ouest. Medd. Grønland Bd. 174, Nr. 1, EGIG Vol. 4, Nr. 1, Kopenhagen 1968
- (5) Bauer, A. : Le Glacier de l'Ege (Eqip Sermia) 1959, Mouvement et variation du front. Medd. Grønland Bd. 174, Nr. 2, EGIG Vol. 4, Nr. 2, Kopenhagen 1968
- (6) Bauer, A. : Missions aériennes de reconnaissance au Groenland 1957—1958. Medd. Grønland Bd. 173, Nr. 3, EGIG Vol. 2, Nr. 3, Kopenhagen 1968
- (7) Carbonnell, M. u. A. Bauer : Exploitations des couvertures photographiques aériennes répétées du front des glaciers velant dans Disko Bugt et Umanak Fjord, Juin—Juillet 1964. Medd. Grønland Bd. 173, Nr. 5, EGIG Vol. 2, Nr. 3, Kopenhagen 1968
- (8) Lichte, H. : Geodätische Messungen auf dem grönländischen Inlandsis. ZfV, 1957, S 65—73
- (9) Dittrich, G. u. G. Schwarz : Die geodätischen Arbeiten der deutschen Gruppe während der 7. Sowjetischen Antarktis-Expedition 1962. Nationalkomitee für Geodäsie und Geophysik der DDR bei der Akademie der Wissenschaften zu Berlin Nr. III, 5, Berlin 1966
- (10) Angus-Leppan, P. V. : An experimental determination of refraction over an icefield. Unisurv Report No. 10, 1968, Dept. of Surveying, University of New South Wales