

# Nachmessungen an Pegeln auf einem Blaueisfeld im Borgmassiv, Neuschwabenland, Antarktis

Von Karsten Brunk und Rudolf Staiger\*

**Zusammenfassung:** Im Januar/Februar 1985 konnten auf dem größten Blaueisfeld im Borgmassiv Nachmessungen an 1951 (Norwegisch-Britisch-Schwedische Antarktis-Expedition 1949—52) und 1966 (SANAE VII) gesetzten Pegeln vorgenommen werden. Obwohl der Fund der Pegel nicht erwartet wurde, konnten die Pegel identifiziert werden, und es gelang unter Verwendung alter heterogener Messungsunterlagen Bewegungsvektoren abzuleiten.

Die langfristigen Bewegungsraten bestätigen und ergänzen im wesentlichen die bereits 1951 ermittelten Werte. Die Fließgeschwindigkeiten sind mit Beträgen zwischen 9,1 cm/a und 86,4 cm/a extrem niedrig. Die Beobachtungen der Pegellängen von 1951, 1966 und 1985 zeigen über lange Zeiträume in randlichen Bereichen des Blaueisfeldes sehr geringe Akkumulation (ca. 0,7 bis 2,6 cm/a Schnee/Firn); auf blankem Eis wurde eine Ablation von 2,6 cm/a Wasseräquivalent (2,9 cm/a Eis) festgestellt.

Der Artikel beginnt mit einer Beschreibung der Rahmenbedingungen für die Entstehung des Blaueisfeldes. Anschließend werden die Messungen und die geodätischen Berechnungen näher erläutert und die Meßergebnisse diskutiert.

**Summary:** In January/February 1985 a German-South African expedition had the opportunity to repeat measurements made by means of stakes planted in 1951 (Norwegian-British-Swedish Antarctic Expedition 1949—52) and 1966 (SANAE VII). Although the rediscovery of the old stakes had not been expected, the stakes could be identified and it was possible to derive movement vectors on the basis of old and heterogeneous measurement data.

The long-term movement rates established basically confirm and complement the values determined in 1951. The flow rates of 9,1 cm/a to 86,4 cm/a proved to be extremely low. Observations of the stake lengths showed very little accumulation in the fringe areas of the blue ice-field (ca. 0,7 to 2,6 cm/a snow/firn); on bare ice an ablation of 2,6 cm/a water equivalent (2,9 cm/a ice) was measured.

The paper begins with a description of the essential conditions for the formation of the blue ice-field. Subsequently the measurements are explained in detail and their results are discussed.

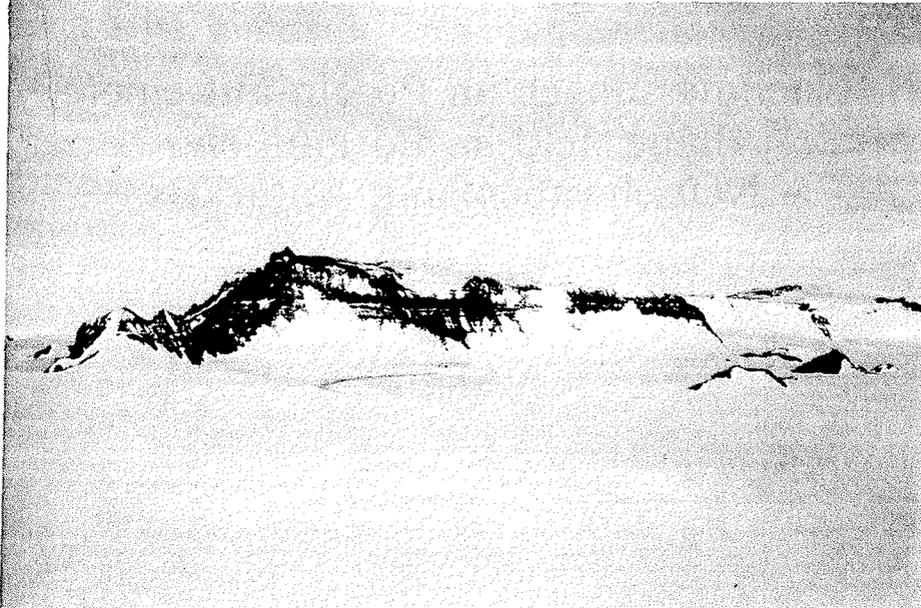
## 1. EINLEITUNG

Im Rahmen der Feldkampagne 1984/85 des „South African Earth Sciences Team“ konnten auf dem Blaueisfeld Bläisen im Borgmassiv, Neuschwabenland, Antarktis mehrere bereits 1951 (Norwegisch-Britisch-Schwedische Antarktis-Expedition) und 1966 (SANAE VII) gesetzte Gletscherpegel wiedergefunden werden. Dabei handelte es sich um Aluminium- und Eisenstangen bzw. -rohre, die Akkumulations- bzw. Ablations- und Bewegungsmessungen dienten. Diese Funde waren nicht erwartet worden, und die Existenz einiger Pegel war zum Zeitpunkt des Geländeaufenthaltes nicht bekannt. Mit Hilfe der Originalunterlagen von 1951 (Schriftl. Mitteilung von Ch. SWITHINBANK, Juni 1985) und 1966 (KAVANAGH 1967) konnten nach Rückkehr von der Expedition die Pegel identifiziert werden, so daß ein Vergleich mit den neuen Meßergebnissen möglich war.

## 2. LAGE UND BESCHREIBUNG DES BLAUEISFELDES

Das Borgmassiv (72°35' S, 3°30' W), ca. 260 km südlich der Schelfeiskante, ist eine Mesa- und Nunatakrlandschaft mit Höhen bis ca. 2700 m NN und mit einem vom Inlandeisplateau im Süden unabhängigen Eisstromnetz. Die relativen Höhenunterschiede erreichen Werte bis 1000 m. Die Niederschlagsverteilung wird zusammen mit dem Relief durch die vorherrschenden Winde aus östlichen Richtungen gesteuert. In Luvlagen wurden auf dem Eisstromnetz in Schneeschächten jährliche Akkumulationsbeträge bis weit über 30 cm Wasseräquivalent ermittelt (SCHYTT 1958). In windexponierten Bereichen sowie in Leelagen liegen diese Werte unter 20 cm Wasseräquivalent. An Hand der in den gleichen Schneeschächten gemessenen

\* Dipl.-Geogr. Karsten Brunk, Institut für Physische Geographie der Universität, Senckenberganlage 36, 6000 Frankfurt/M.  
Dipl.-Ing. Rudolf Staiger, Geodätisches Institut der Universität, Englerstr. 7, 7500 Karlsruhe.



**Abb. 1:** Blaueisfeld Bläisen in 1700—1800 m NN westlich des Borga-Plateaus (2400—2500 m NN) mit Wandfußgletschern und Eisfall. Das Blaueisfeld wird von zwei parallelen Moränenrücken unterbrochen. Die südliche und südwestliche Begrenzung bilden die von Moränen gesäumten Nunatakr 1910, 1885 und 1810 (rechts vorne). Blick von Westen.

**Fig. 1:** Blue ice-field Bläisen (1700—1800 m NN) west of the Borga-Plateau (2400—2500 m NN) with ice aprons and ice fall. The ice-field is broken by two parallel moraine ridges. The southern and southwestern boundaries are formed by the moraine bordered Nunatakr 1910, 1885 and 1810 (front right). The view is eastward.



**Abb. 2:** Westlicher Teil des Blaueisfeldes Bläisen und südwestlicher Moränensaum um den Zwergnunatak und Nunatak 1810. Blick von Nunatak 1885 nach Nordwesten (vgl. Abb. 6). Im Hintergrund die Nunatakr Framryggen und Framrabben (rechts).

**Fig. 2:** Western part of the blue ice-field Bläisen and south-western moraine edge around the Dwarf-Nunatak and Nunatak 1810. View northwestward from Nunatak 1885 (cf. Fig. 6). In the background the Nunatakr Framryggen and Framrabben (right).

nen Firntemperaturen wurden Jahresmitteltemperaturen zwischen ca.  $-26\text{ }^{\circ}\text{C}$  in 1600—1700 m NN und ca.  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  in 2000—2100 m NN berechnet (SCHYTT 1960). Die entsprechenden Werte aus einem Schacht in der Nähe des Blaueisfeldes Bläisen (ca. 1 km südwestlich des Pegels Stake 2, s. Abb. 6) in 1700—1750 m NN lauten wie folgt: 19 cm (für 1949—1950 bei einer Schnee- bzw. Firndichte im Oktober 1951 von 0,38) und  $-25,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Bei dem Blaueisfeld ( $72^{\circ}32'\text{ S}$ ,  $3^{\circ}45'\text{ W}$ ) handelt es sich um ein typisches Beispiel für Bereiche mit geringer Akkumulation bzw. gebietsweise vorherrschender Ablation, wie sie mehrfach in Leelagen von größeren Gebirgshindernissen im Borgmassiv vorkommen. Das Blaueisfeld befindet sich westlich des 2400—2500 m NN hohen Borga-Plateaus (Abb. 1), in dessen Windschatten sich durch Driftschneeakkumulation ernährte Wandfußgletscher gebildet haben. Doch schon am Fuß der ca. 600 m hohen Wand führen Fallwinde (Föhneffekt) zu Ablationserscheinungen an der Schneeoberfläche und zur Bildung von Kolken an Firnbrocken eines Lawinenkegels. Deutlich sichtbar wird das Vorherrschen der Ablation — hier vornehmlich durch Eisverdunstung und Korrosion — beim Übergang vom Unterhang in die Horizontale in Form von blankem (Blau-)Eis, das örtlich eine Streu von Moränenschutt trägt. Die größeren Moränenblöcke bilden teilweise Gletschertische, die in Luvrichtung gekippt sind. Zahlreiche große Blöcke, die in Photos von 1951 zu sehen sind (u. a. Plate 1a in SWITHINBANK 1960), waren auch Anfang 1985 noch leicht auf dem Blaueisfeld zu identifizieren (vgl. Abb. 2).

Das Blaueisfeld Bläisen wird durch zwei parallele Schuttstreifen geteilt. Bei dem südlichen Teil handelt es sich um einen nach Nordwesten bzw. Westen fließenden Nebengletscher, der in der Umgebung von Nunatak 1810 ebenfalls von mehreren langgezogenen Schuttstreifen gesäumt wird (s. Abb. 2 u. 6). Diese Konzentrationen von Moränenschutt bilden häufig kilometerlange Rücken mit Kernen aus Eis, die mehrere Meter über das Niveau des Blaueisfeldes reichen. Grund dafür ist die durch die Schuttbedeckung verminderte Ablation. Gedeutet wurden diese oder ähnliche Schuttakkumulationen auf Eis von SCHYTT (1961) und ZYL (1974) als Scherflächenmoränen (shear plane moraines), von denen die proximalen Rücken die jüngsten sind, die einem seit längerer Zeit andauernden Gleichgewichtszustand entsprechen sollen.

Die 1951, 1966 und 1985 vermessenen Pegel befanden/befinden sich 4—5 km westlich des Borga-Plateaus in der Umgebung des Nunataks 1810 (s. Abb. 2 u. 6). Die beiden Pegelreihen queren hier einen Auslaß des Nebengletschers und dessen westlichen durch Schuttstreifen begrenzten Teil.

### 3. INSTALLATION UND BEOBACHTUNG VON GLETSCHERPEGELN

#### 3.1 *Die Norwegisch-Britisch-Schwedische Antarktis-Expedition 1949—52 (NBSAE)*

Im Februar 1951 legten die Glaziologen der NBSAE zwei lokale Netze auf dem Blaueisfeld Bläisen (Mountain Area „A“ in SWITHINBANK 1959, 1960; SCHYTT 1961: Plate 3) für Pegelbeobachtungen an (s. Abb. 3). Im ersten Netz wurde auf dem sog. Zwergnunatak (1725) ein Bezugspunkt markiert, an den die beiden Objektpunkte (Pegel) Stake 1 und Stake 2, die ca. 400 m und 600 m entfernt liegen, polar angehängt wurden. Die Richtungsbeobachtungen waren auf eindeutig identifizierbare, topographische Fernziele (u. a. Spiret) orientiert. Die Entfernungen wurden direkt mit einem Stahlmaßband gemessen. Offenbar aus der Annahme, daß die Bewegung des Eises ungefähr senkrecht zur Richtung zum Bezugspunkt verläuft, wurde bei der Nachmessung im Oktober 1951 auf eine Wiederholung der Streckenmessung verzichtet.

Unabhängig davon wurden auf dem Nunatak 1810 zwei Basispunkte A und B im Abstand von ca. 300 m festgelegt, von denen aus die Objektpunkte Stake 3, 4 und 5 vorwärtseingeschnitten wurden. Gleichzeitig wurde die Basislänge nach der Hansenschen Aufgabe bestimmt. Die Pegelbeobachtungen wurden an den Objektpunkten im März, Oktober und November 1951 wiederholt.

Die Objektpunktvermarktung der Pegel Stake 1—5 (S1—S5) geschah mit 25 mm dicken und ca. 2 m lan-

gen Aluminiumrohren, während Steinmännchen die Bezugspunkte auf Fels markieren. Für die Richtungsbeobachtungen wurde ein Kern DKM 2 benutzt.

### 3.2 Die südafrikanische Expedition 1966/67 (SANAE VII)

Teilnehmer der Expedition SANAE VII (KAVANAGH 1967) führten im November 1966 an den 1951 gesetzten Pegeln eine Nachmessung durch (s. Abb. 4). Dabei ist offensichtlich der Basispunkt B nicht gefunden worden. In einem astronomisch orientierten Netz (Orientierung auf den neuen Objektpunkt Astro [3009]), das den Maßstab von einer 1 km langen, mit Stahlmaßband gemessenen Basis erhielt, wurden die Pegel M 1 (S1), M 2 (S2), M 3 (S3) und M 4 (S5) koordiniert. In Abb. 4 handelt es sich dabei um die Punkte 3007, 3006, 3003 und 3008. Pegel S4 wurde 1966 nicht mehr gefunden.

Neben den Referenzpunkten A (3000), Zwergnunatak (3004) — bei KAVANAGH (1967) als Valter bzw. Ove bezeichnet — und Spiret (3349) wurden folgende Neupunkte einbezogen und mit 25,5 mm dicken und 1,83 m langen Eisenrohren vermarkt: Nunatak 1810 (3002) sowie die Objektpunkte Astro (3009), Giedu (3005), Nipple (3351), Jock (3012), Texan (3011) und Jomo (3010). Damit waren die beiden bisher unabhängigen Teile zu einem geodätischen Netz vereint. Über die verwendeten Meßgeräte ist nichts bekannt.

### 3.3 Die südafrikanische Expedition 1984/85

Während der deutsch-südafrikanischen Vermessungskampagne im Borgmassiv Anfang 1985 stießen Expeditionsteilnehmer auf einige der oben erwähnten Pegel (s. Abb. 5). Aufgrund der mitgeführten Unterlagen war es nach längerem Suchen möglich, die Punkte A (2000), B (2001), Zwergnunatak (2004) sowie

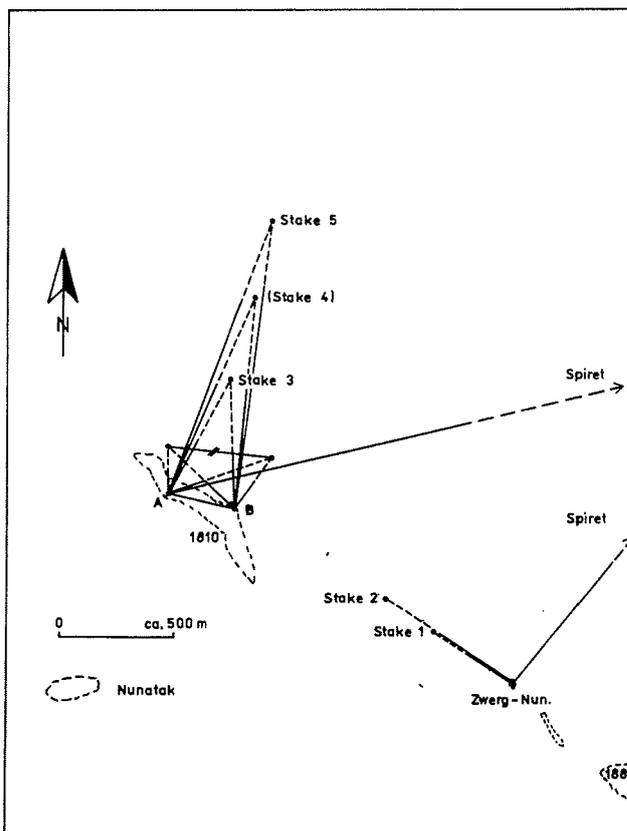


Abb. 3: Triangulationsnetz der 1951 vermessenen Pegel auf dem Blauisfeld Bläisen.

Fig. 3: Network of triangulation of the stakes surveyed in 1951 on the blue ice-field Bläisen.

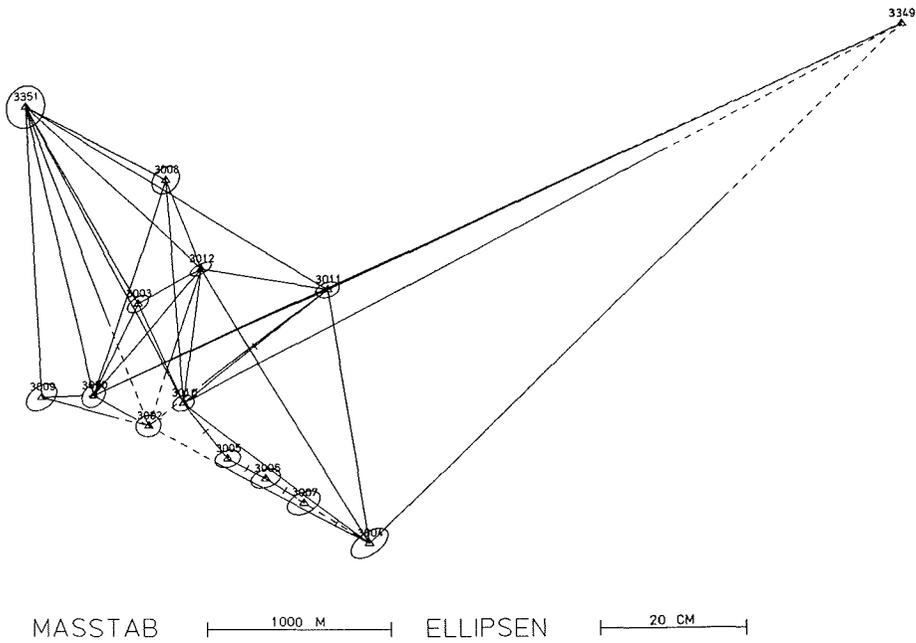


Abb. 4: Triangulationsnetz mit Fehlerellipsen der 1966 vermessenen Pegel auf dem Blaueisfeld Bläisen.  
 Fig. 4: Network of triangulation with error ellipses of the stakes surveyed in 1966 on the blue ice-field Bläisen.

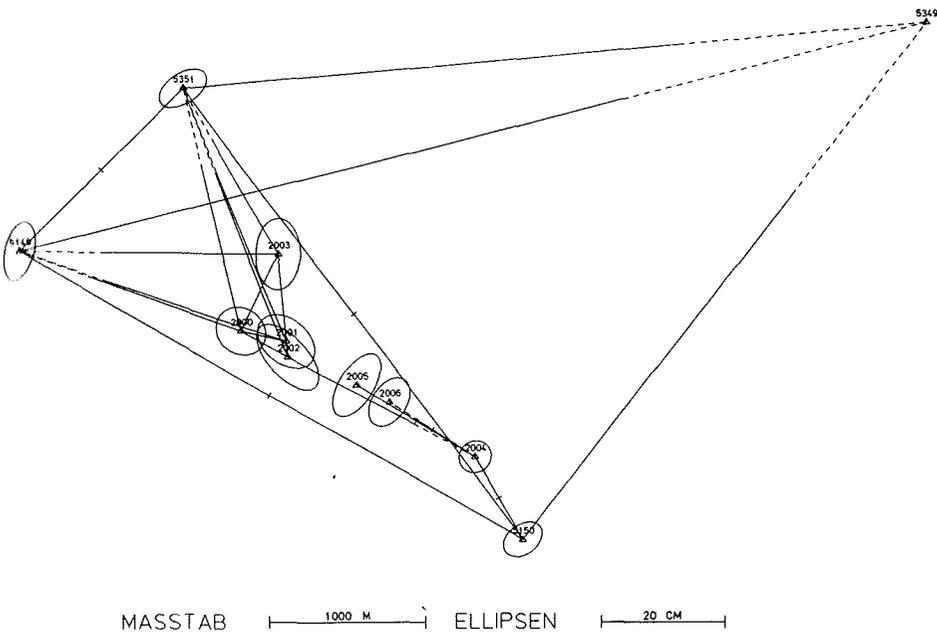


Abb. 5: Triangulationsnetz mit Fehlerellipsen der 1985 vermessenen Pegel auf dem Blaueisfeld Bläisen.  
 Fig. 5: Network of triangulation with error ellipses of the stakes surveyed in 1985 on the blue ice-field Bläisen.

Stake 2 (2006) und Stake 3 (2003) zu lokalisieren. Des weiteren konnten die später als Giedu (2005) und Nipple (5351) identifizierten Punkte sowie die Markierung auf dem Nunatak 1810 (2002) gefunden werden. Nach den Pegeln Astro, Jomo, Texan und Jock ist nicht gesucht worden, da deren Existenz zum Zeitpunkt des Geländeaufenthaltes nicht bekannt war. Die 1985 gefundenen Pegel und Steinmännchen waren mit Ausnahme des Steinmännchens am Punkt B in gutem Zustand.

Elektronische Entfernungsmessungen mit Kern DM 502 und Richtungsbeobachtungen mit Minuten- und Sekundentheodolit (Wild T 0 und Kern DKM 2) ermöglichten, die vorgefundenen Objekt- und Referenzpunkte in das Polygonnetz zur Paßpunktbestimmung im Borgmassiv einzubinden. Die nächsten Anschlußpunkte 5149 (Depot), 5351 (Nipple), 5349 (Spiret) und 5150 sind in Abb. 5 zusammen mit dem Deformationsnetz abgebildet. Sonnenbeobachtungen, die unter anderem auf 5150 zur astronomischen Orts- und Azimutbestimmung durchgeführt wurden, orientierten das Polygonnetz und damit auch das Deformationsnetz.

#### 3.4 Geodätische Berechnungen zum Vergleich der Messungen von 1951, 1966 und 1985

In homogenen Netzen, d. h. in Netzen mit gleicher Punkt- und Beobachtungsanordnung ist eine Deformationsanalyse durch die direkte Betrachtung von Koordinatendifferenzen in verschiedenen Epochen möglich. Schwieriger wird es, wenn, wie hier, inhomogene Netze vorliegen, d. h. wenn manche Punkte nur in jeweils einer Epoche vorkommen, verschiedene Beobachtungspläne realisiert sind und die Netze noch zusätzlich unterschiedliche Orientierungen aufweisen.

Zunächst lieferten zwei getrennte freie Netzausgleichungen die jeweils innere Genauigkeit der Epochen 1966 und 1985, die in Abb. 4 und 5 durch entsprechende Fehlerellipsen dargestellt ist. Die beiden Netze

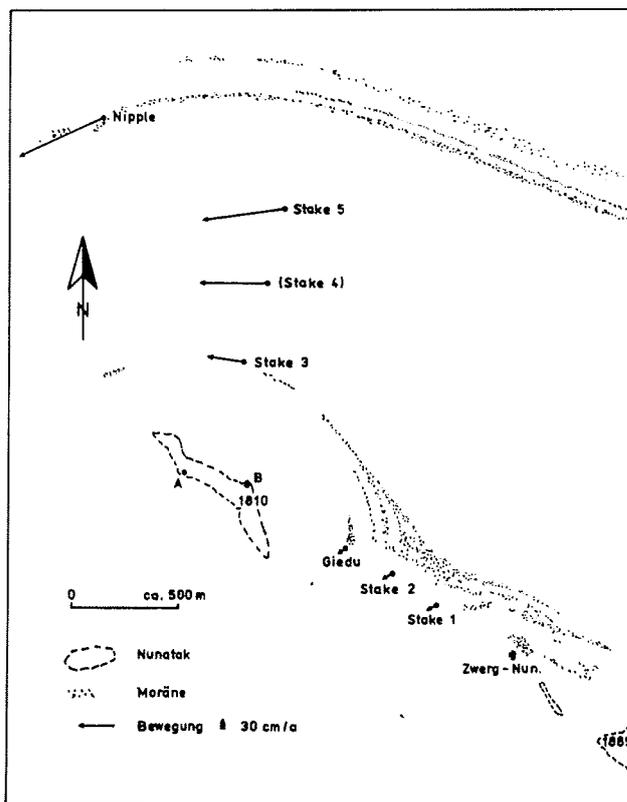


Abb. 6: Lageskizze und Geschwindigkeitsvektoren der 1951, 1966 und 1985 vermessenen Pegel auf dem Bläuisfeld Bläisen in Borgmassiv ( $72^{\circ}32' S$ ,  $3^{\circ}45' W$ ).

Fig. 6: Location and movement vectors of the stakes surveyed in 1951, 1966 and 1985 on the blue ice-field Bläisen in the Borg Massif ( $72^{\circ}32' S$ ,  $3^{\circ}45' W$ ).

Punktbezeichnung 1951 1966 1985		Zeitraum (Monat/Jahr)	Bewegung s [m]	Fließ- geschwindigkeit [cm/Jahr]	Azimut [gon]
Stake 1, M 1,	(S1) (3007)	02/51—10/51 10/51—11/66	0,07 1,50	10,0 9,9	— 272,3
Stake 2, M 2, 2006	(S2) (3006)	02/51—10/51 10/51—11/66 11/66—02/85 10/51—02/85	0,05 1,46 2,05 3,51	7,0 9,7 11,2 10,5	— 263,5 268,8 266,6
Giedu, 2005	(3005)	11/66—02/85	1,65	9,1	264,3
Stake 3, M 3, 2003	(S3) (3003)	02/51—10/51 10/51—11/66 11/66—02/85 10/51—02/85	0,23 5,50 6,16 11,44	34,0 36,5 33,9 34,3	307,8 310,8 306,6 309,0
Stake 4,	(S4)	02/51—10/51	0,43	63,0	298,9
Stake 5, M 4,	(S5) (3008)	02/51—10/51 10/51—11/66	0,57 11,51	84,0 76,3	284,4 290,0
Nipple, 5351	(3351)	11/66—02/85	15,71	86,4	276,4

**Tab. 1:** Ergebnisse der Bewegungsmessungen auf dem Blaueisfeld Bläisen. Die für den Zeitraum 02/51—10/51 angegebenen Werte wurden aus SWITHINBANK (1960) übernommen.

**Tab. 1:** Results of the movement measurements on the blue ice-field Bläisen. The values for the period 02/51-10/51 are taken from SWITHINBANK (1960).

sind 1966 auf Astro (3009) und 1985 auf 5150 orientiert worden. Ein Vergleich der Orientierungen ist über ein abgeleitetes Azimut einer in beiden Epochen vorkommenden Verbindungslinie zwischen zwei Stabilpunkten möglich. Nach Berücksichtigung der Meridiankonvergenz, hervorgerufen durch den Längengradunterschied zwischen den Orientierungspunkten, beträgt der Azimutunterschied für die Verbindungen Punkt A (3000/2000) — Spiret (3349/5349) und Zwergnunatak (3004/2004) — Spiret 0,024 gon bzw. 0,033 gon.

Eine überbestimmte Ähnlichkeitstransformation paßt das Netz von 1966 bestmöglich an das neue an. Als identische Punkte dienen dabei folgende auf Fels liegende Stabil- oder Referenzpunkte: A, Nunatak 1810 (3002/2002), Zwergnunatak und Spiret. Durch diese Helmerttransformation wird das alte Netz von 1966 um 0,027 gon gedreht, was praktisch dem Mittelwert aus den beiden Azimutdifferenzen entspricht und mit einem Maßstabsfaktor von 0,9999377 verkürzt. Das entspricht bei einer 1000 m Strecke einer Verkürzung um ca. 6 cm. Nach der Transformation beträgt der mittlere Abstand der identischen Punkte  $\pm 23$  cm. Die transformierten Objektkoordinaten von 1966 können nun mit den neuen Objektpunktkoordinaten verglichen werden.

Die Vorgehensweise für die Messungen von 1951 ist ähnlich: Die aus der Netzausgleichung von 1985 resultierenden Azimute der Seiten A — Spiret und Zwergnunatak — Spiret werden als Bezug genommen und mit den damals beobachteten Polarelementen Winkel und Strecke in auf A und Zwergnunatak bezogene kartesische Koordinaten transformiert. Diese sind dann vergleichbar mit den entsprechenden Koordinaten von 1966 bzw. 1985.

#### 4. ERGEBNISSE DER PEGELBEOBACHTUNGEN

##### 4.1 Ergebnisse der Bewegungsmessungen und Bewertung aus geodätischer Sicht

Die Tab. 1 zeigt die Ergebnisse, die in Abb. 6 in Form von Geschwindigkeitsvektoren aufgetragen sind. Zur Darstellung in Abb. 6 wurden die jeweils längsten Perioden benutzt.

Die innere Punktgenauigkeit in den Epochen 1966 und 1985 kann als zufriedenstellend bezeichnet wer-

	6./7. 2.	25./26. 10. 1951	25. 11. 1966	29. 1. 1985
Stake 1	138	142	104	—
Stake 2	136	139	84	48
Giedu	—	—	150	123
Stake 3	113	113	111	90
Stake 4	110	113	—	—
Stake 5	122	102*	168	—

(Nipple befindet sich auf einem Ablationskegel)

Tab. 2: Pegellängen über Schnee-, Firn- oder Eisoberfläche auf dem Blau eisfeld Bläisen (in cm) \* Zutrag durch Schneedüne.

Tab. 2: Lenth of stakes above snow-, firn- or ice-surface on the blue ice-field Bläisen (in cm) \* Accumulation caused by snow-drift.

den. Die Steinmännchen sind gut geeignet, Punkte auch über Jahrzehnte hinweg zu markieren; jedoch die Punktdefinition selbst wird nur auf  $\pm 5$  cm genau sein. Damit kann die äußere Genauigkeit von Messungen, die sich auf die Steinmännchen beziehen, nicht genauer sein, womit auch die Azimutdifferenzen zwischen den Epochen und die Klaffungen in den identischen Punkten nach der Helmerttransformation erklärt werden können.

Die in SWITHINBANK (1960) veröffentlichten kurzfristigen Bewegungsraten stimmen gut mit den ermittelten langfristigen Werten überein, obwohl Beobachtungsfehler bei einer Wiederholungsmessung nach nur 8 Monaten einen sehr viel stärkeren Einfluß haben als bei den Zeitintervallen von 18 oder 34 Jahren.

Am Beispiel der Pegel Stake 2 und 3 ist über die verschiedenen Epochen hinweg eine sehr gleichmäßige Bewegung des Gletschers abzuleiten. Des weiteren sind alle Bewegungsraten und -richtungen als zuverlässige Mittelwerte zu betrachten, denn die großen Zeitintervalle führen dazu, daß eventuelle Zentrierfehler nur noch einen geringen Einfluß auf die Ergebnisse haben.

#### 4.2 Ergebnisse der Akkumulations- bzw. Ablationsmessungen

Pegellängen über der Schnee-, Firn- oder Eisoberfläche sind 1951, 1966 und 1985 gemessen worden (Tab. 2). Aus den Nachmessungen der Pegellängen ergeben sich die in Tab. 3 enthaltenen mittleren jährlichen Akkumulations (+) bzw. Ablationsraten (—) in cm Schnee/Firn bzw. Eis. Dichtebestimmungen, wie sie für eine Umrechnung in cm Wasseräquivalent nötig sind, wurden nicht vorgenommen. An den Pegeln mit sehr geringem Zutrag sind mindestens solche Dichtewerte anzunehmen, die in der Umgebung von Blau eisfeldern im Borgmassiv ermittelt wurden: z. B. oberflächennahe Schnee-/Firndichten von 0,38 0,45 g/cm<sup>3</sup> in SCHYTT (1958). Für die Ablationspegel auf Eis kann der von SCHYTT (1961) geschätzte

	Zeitraum	Längenänderung der Pegel	Mittl. jährl. Längenänderung der Pegel
Stake 1	06. 02. 51—25. 10. 51	— 4	—
	06. 02. 51—25. 11. 66	+34	+2,2
Stake 2	06. 02. 51—25. 10. 51	— 3	—
	06. 02. 51—25. 11. 66	+52	+3,3
	25. 11. 66—29. 01. 85	+36	+2,0
	06. 02. 51—29. 01. 85	+88	+2,6
Giedu	25. 11. 66—29. 01. 85	+27	+1,5
Stake 3	07. 02. 51—26. 10. 51	0	—
	07. 02. 51—25. 11. 66	+ 2	+0,1
	25. 11. 66—29. 01. 85	+21	+1,1
	07. 02. 51—29. 01. 85	+23	+0,7
Stake 4	07. 02. 51—26. 10. 51	— 3	—
Stake 5	07. 02. 51—26. 10. 51	+20	—
	07. 02. 51—25. 11. 66	—46	—2,9

Tab. 3: Mittlere jährliche Änderungen der Pegellängen; Zu- bzw. Abtragswerte in cm Schnee/Firn bzw. Eis auf dem Blau eisfeld Bläisen. Die Längenänderungen für den Zeitraum 6./7. 2.—25./26. 10. 1951 wurden aus SWITHINBANK (1959) übernommen.

Tab. 3: Mean annual variations of stake lengths; accumulation resp. ablation in cm snow/firn resp. ice on the blue ice-field Bläisen. The variations for the period 6./7. 2.—25./26. 10. 1951 are taken from SWITHINBANK (1959).

Dichtewert von 0,88 angesetzt werden; am Pegel Stake 5 beträgt die jährliche Ablation somit 2,6 cm Wasseräquivalent.

## 5. DISKUSSION

Wie bereits erwähnt, liefern die Ergebnisse der 1985 durchgeführten Bewegungsmessungen nach über 18 Jahren und vor allem nach gut 34 Jahren zuverlässige Mittelwerte, die die 1951 ermittelten Fließgeschwindigkeiten und -richtungen im wesentlichen bestätigen (SWITHINBANK 1960). Des weiteren zeigt der Vergleich der langfristigen Messungen, daß nahezu keine Geschwindigkeitsänderungen aufgetreten sind.

Bei den Akkumulations- bzw. Ablationsraten wird aber an Pegel 2 und 3 deutlich, daß auch bei längeren Meßperioden (hier: 16 und 18 Jahre) erhebliche Schwankungen auftreten können. Die 1951 registrierten kurzfristigen Veränderungen an der Eis-/Firnoberfläche (SWITHINBANK 1959, SCHYTT 1961) sind daher erst durch mehrfach wiederholte und möglichst langfristige Nachmessungen unter Kontrolle zu bringen.

Von den Pegeln im Ablationsgebiet konnte Pegel 5 trotz intensiver Suche nicht mehr gefunden werden. Bei Ablationsraten von 2,9 cm Eis pro Jahr (Periode 1951—66) und einer Pegellänge von ca. 2 m kann davon ausgegangen werden, daß er etwa Ende der 70er Jahre ausgetaut ist. Pegel 4 war wahrscheinlich bereits 1966 nicht mehr angetroffen worden, da er nicht vermessen wurde. Pegel 1 ist 1985 nicht mehr angetroffen worden, obwohl bei diesem bis 1966 ähnlich geringe Akkumulationsraten ermittelt wurden wie am benachbarten Pegel 2.

Die Bewegungsraten und -richtungen (s. Abb. 6) der Pegel 1 und 2 zeigen einen extrem langsamen Ausfluß des Eises (ca. 10 cm/Jahr) zwischen dem Zwergnunatak und Nunatak 1810. Die Fließrichtungen (West-südwest bis Südwest) konvergieren leicht, was auch bei den begrenzenden Moränen deutlich zum Ausdruck kommt (Abb. 2). Die Werte für den Pegel Giedu weichen kaum davon ab, obwohl sich dieser bereits am Rande des Toteissaums um den Nunatak 1810 befindet.

Deutlich größer sind die Bewegungsraten der Pegel 3, 4 und 5 (ca. 34 bis 76 cm/Jahr) nördlich des Nunatak 1810. Auch hier ist durch Einengung des Nebengletschers beim Umfließen dieses Nunataks eine Strömungskonvergenz des in westliche Richtungen fließenden Eises zu beobachten. Die Fließgeschwindigkeiten nehmen mit größer werdender Entfernung vom bremsenden Nunatak 1810 bis zum Pegel 5 schnell zu. Nur geringfügig schneller bewegt sich der weiter nordwestlich befindliche Pegel Nipple auf einem Moränenhügel mit 86,4 cm/Jahr. Die Bewegungsrichtung dieses Ablationskegels am inneren Rand des langgezogenen Moränenrückens erfolgt parallel zur Längserstreckung der Moräne in west-südwestliche Richtung.

Über die Geschwindigkeitsverteilung nördlich des Nebengletschers gibt es keine Messungen. Auf Spannungen im Eiskörper weist hier lediglich eine Spaltenzone hin, die sich im nordöstlichen Teil des Blau-eisfeldes parallel zu den zentralen Moränenrücken erstreckt.

In einer zusammenfassenden Übersicht hatte SCHYTT (1961) zahlreiche Beobachtungen und Untersuchungsergebnisse zum Massenhaushalt des Blau-eisfeldes Bläisen und dessen Umgebung zusammengetragen und diskutiert. Daraus leitete er die Schlußfolgerung ab, daß sich die Vergletscherung im westlichen Neuschwabenland seit Jahrhunderten im Gleichgewichtszustand befindet.

Die Nachmessungen an den Pegeln von 1966 und 1985 bestätigen die von SCHYTT (1961) zugrunde gelegten Fließgeschwindigkeiten wie auch die Größenordnung der angenommenen Ablationsrate des Blau-eisfeldes.

## DANKSAGUNG

Besonderer Dank gilt Dr. Charles Swithinbank, der freundlicherweise die Originalunterlagen der NBSAE 1949—52 und den Bericht von S. Kavanagh der Expedition SANAE VII zur Verfügung stellte. Dank gilt außerdem den südafrikanischen und deutschen Expeditionskollegen sowie Mr. E. Fitschen. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) finanzierte die Reisekosten von K. Brunk (Na 68/7-1).

## Literatur

- Brunk, K. (1985): Landschaftsformen in der Antarktis: Über geomorphologische und kartographische Arbeiten während einer Antarktisexpedition. — *Forschung Frankfurt, Wissenschaftsmagazin der J. W. Goethe-Universität* 2/3: 47—51.
- Kavanagh, S. (1967): Ice Movement Survey, Mountain Area A, Borgmassivet. — Report SANAE VII (unveröff.).
- Schytt, V. (1958): Glaciology II. B. Snow studies inland. — *Norw.-Brit.-Swed. Antarctic Exped., Scient. Res. IV*: 65—112.
- Schytt, V. (1960): Glaciology II. D. Snow and ice temperatures in Dronning Maud Land. — *Norw.-Brit.-Swed. Antarctic Exped., Scient. Res. IV*: 156—179.
- Schytt, V. (1961): Glaciology II. E. Blue ice-fields, moraine features and glacier fluctuations. — *Norw.-Brit.-Swed. Antarctic Exped., Scient. Res. IV*: 183—204.
- Swithinbank, C. (1959): Glaciology I. E. The regime of the ice sheet of western Dronning Maud Land as shown by stake measurements. — *Norw.-Brit.-Swed. Antarctic Exped., Scient. Res. III*: 123—146.
- Swithinbank, C. (1960): Glaciology I. F. Ice movement inland. — *Norw.-Brit.-Swed. Antarctic Exped., Scient. Res. III*: 147—159.
- Zyl, C. Z. van (1974): Studies on ten-metre firn temperatures, moraines and blue ice fields in western Dronning Maud Land. — *South African J. Antarctic Res.*, 4: 11—15.