

# ÜBER DIE PHOTOGRAMMETRISCHE AUSRÜSTUNG DES „GRAF ZEPPELIN“ AUF DER ARKTISFAHRT 1931, ÜBER DIE AUSWERTUNGSMETHODEN UND DIE BISHERIGEN ERGEBNISSE AUS DEM GEWONNENEN AUFNAHMEMATERIAL

Von O. v. GRUBER

(Mit 41 Abbildungen auf Tafel 20–30 und 2 Kartenbeilagen [Tafel 1 u. 2])

Nach dem Programm der Aerogeodätischen Kommission lag das Schwergewicht der aerophotogrammetrischen Aufgaben bei der Arktisfahrt auf der Herstellung geographischer Karten des vom Luftschiff aus sichtbaren Geländes.

Für die fortlaufenden Geländeaufnahmen sollten die Panoramakammer der Firma Photogrammetrie G. m. b. H. und die Zweifach-Reihenbildkammer der Firma Zeiss-Aerotopograph gemeinsam angewandt werden, außerdem ein Schaukelreihenbildner der gleichen Firma. Da man mit Flughöhen nicht viel über 1000 m rechnete, sollte in der Regel die Panoramakammer den Flugstreifen senkrecht unter dem Luftschiff aufnehmen, die schräg eingebaute Zweifach-Reihenbildkammer anschließend daran das Gelände bis zum Horizont auf der einen Bordseite und der Schaukelreihenbildner auf der anderen Bordseite. Diese Verteilung der Aufgaben war vorgenommen worden, weil die kürzere Brennweite der Panoramakammer für die kürzere Entfernung, die längere der Zeiss-Kammer für die weiten Distanzen bis zum Horizont eingesetzt werden sollten. Außerdem war eine Handmeßkammer der Firma Zeiss-Aerotopograph vorgesehen, um besonders interessante Objekte gesondert zu erfassen, sowie auch um gegebenenfalls bei schwierigen Aufnahmeverhältnissen die Verbindung der Aufnahmen weiter zu sichern. Aus Gründen der Gewichtsersparnis konnte der Schaukelreihenbildner leider nicht mitgenommen werden, so daß die Ausrüstung für Flüge über Land nicht vollständig war, sondern hauptsächlich für Aufnahmen längs Küstensäumen dem Programm der Kommission entsprach.

Hauptinstrumente für die Durchführung der gestellten Aufgabe waren also die Panoramakammer und der Zweifach-Reihenbildner.

Die Panoramakammer der Photogrammetrie G. m. b. H. (Tafel 20, Abb. 1) ist eine Mehrfachkammer, bei der ein mittleres Objektiv von acht anderen kranzförmig umgeben wird. Alle neun Objektive bilden das Gelände auf einem gemeinschaftlichen Bildstreifen ab. Die Einrichtung ist so getroffen, daß die Aufnahmerichtung des mittleren Objektivs senkrecht nach unten geht, während die Richtungen der übrigen Objektive durch Prismen um je  $54^\circ$  nach der Seite geknickt sind. Bei einem Filmformat  $18 \times 18$  qcm umfassen die Aufnahmen zusammen einen Winkelbereich von  $136^\circ$  längs und quer. Die Bildweite des einzelnen Objektivs ist 5,32 cm, sein Öffnungsverhältnis  $f/6,8$ . Alle neun Objektive werden gleichzeitig belichtet. Die Verschußgeschwindigkeit ist  $\frac{1}{50}$  Sekunde. Die Kammer enthält einen Filmvorrat von 100 m für rd 500 Aufnahmen. Wechseln des Filmes und Spannen des Verschlusses erfolgen automatisch durch elektrischen Antrieb, während das Auslösen des Verschlusses bei der Arktisfahrt für die einzelnen Aufnahmen von Hand vorgenommen wurde.

Die Zweifach-Reihenbildkammer (Tafel 20, Abb. 2) der Firma Zeiss-Aerotopograph G. m. b. H., Jena, besteht aus zwei gekoppelten Kammern für Filme mit einem Bildformat  $12 \times 12$  qcm,

einer Bildweite von 13,5 cm und einem Öffnungsverhältnis  $f/4,5$ . Die Belichtung erfolgt in beiden Kammern gleichzeitig. Die Verschußgeschwindigkeit ist in einem Bereich von  $1/16$  bis  $1/200$  Sekunde veränderlich. Je nach den Lichtverhältnissen wurde während der Arktisfahrt eine Verschußgeschwindigkeit von  $1/28$  bis  $1/65$  Sekunde angewandt. Jede Teilkammer trägt eine auswechselbare Filmkassette mit je 60 m Film für je 460 Aufnahmen. Die beiden Teilkammern konvergieren in einem Winkel von  $36^\circ$ . Ihr gemeinsames Bildfeld umfaßt ein Panorama von  $82^\circ$  Bereich. Die Kammer wird von einem Elektromotor angetrieben. Ein Überdeckungsregler in Verbindung mit einem Stufengetriebe erlaubt, die Geschwindigkeit der Aufnahmeolge entsprechend der Reisegeschwindigkeit und der Flughöhe zu regeln. Die Aufnahmen erfolgen dann in bestimmten Intervallen automatisch.

Die Panoramakammer wurde von der Photogrammetrie G. m. b. H., München, zur Verfügung gestellt und durch Dr.-Ing. Aschenbrenner bedient. Die Firma Zeiss-Aerotopograph-Jena lieferte den Zweifach-Reihenbildner und die Handmeßkammer. Mit diesen Geräten arbeitete Dipl.-Ing. Basse.

Als Aufnahmematerial stellte die Firma Agfa-Berlin Aerochromfilm zur Verfügung.

Da Aschenbrenner über sein Gerät und das damit gewonnene Aufnahmematerial selbst veröffentlicht, wird hier darüber nur soweit berichtet, als es zur Ergänzung der vorliegenden Karten herangezogen werden konnte. \*

Der Einbau der beiden Reihenbildner (Tafel 20, Abb. 3) erfolgte dem Programm entsprechend. Die Panoramakammer konnte in erster Linie den unter dem Luftschiff gelegenen Raum aufnehmen, doch war die Möglichkeit vorgesehen, die Kammer auch in beliebiger Richtung so weit kippen zu können, daß der Horizont noch abgebildet wurde. Die Zweifach-Reihenbildkammer konnte nach Belieben in die eine oder andere Bordwand eingesetzt werden. Die Teilkammern waren etwa  $18^\circ$  gegen den Horizont geneigt und seitlich vor- und rückwärts aus dem Luftschiff gerichtet (Tafel 20, Abb. 4).

Tafel 21, Abb. 5, gibt eine Übersicht über das während des Arktisfluges mit Zeiss-Aerotopograph-Gerät aufgenommene Gelände. Insbesondere lieferte die Zweifach-Reihenbildkammer Bildpaare von

Franz-Josef-Land . . . . .	153	Bildpaare	auf	300	km	Strecke
Hvidtenland . . . . .	6	"	"	8	"	"
Nordland . . . . .	200	"	"	450	"	"
Taimyr-Halbinsel . . . . .	160	"	"	350	"	"
Nowaja Semlja . . . . .	104	"	"	270	"	"
	623 Bildpaare auf 1378 km Strecke					

Die Auswertungsmethoden zur Herstellung von Karten aus dem Bildmaterial umfassen folgende Möglichkeiten:

- a) Entnahme von Richtungen nach einzelnen Punkten,
- b) Projektion der Bildebene in die Kartenebene,
- c) stereoskopische Ausmessung von Bildpaaren.

Die Entnahme von Richtungen nach einzelnen Punkten ermöglicht das gegenseitige Orientieren von Bildern und außerdem die Konstruktion eines Punktnetzes nach Art eines Triangulationsnetzes, an das Einzelheiten mit Hilfe einer der anderen Methoden angeschlossen werden.

Die Projektion der Bildebene in die Kartenebene kann graphisch erfolgen durch Konstruktion perspektiver Netze (Tafel 21, Abb. 6), durch Umzeichnen mit Perspektographen oder aber durch optische Projektion, insbesondere auch durch monokulare Verwendung einer stereoskopischen Auswertemaschine. Durch diese Methode können aber Karten ausschließlich für ebenes Gelände erhalten werden, d. i. im Falle der Arktisaufnahmen für den Verlauf der Küstenlinien.

Die stereoskopische Ausmessung von Bildpaaren gibt im Gegensatz zu der einfachen Projektion nicht nur die Uferlinien, sondern den ganzen räumlichen Aufbau des Geländes. Ganz abgesehen von der hierdurch ermöglichten eingehenden Geländeerkundung erlaubt diese Methode

nicht nur eine Art Bildtriangulation, d. h. das Bestimmen der Lage und Höhe einzelner Punkte, sondern insbesondere ein Abtasten des Geländemodelles, wobei Geländelinien, Flußläufe, aber auch Schichtlinien automatisch kartiert werden. Hierfür besonders geeignete Auswertemaschinen sind der Aerokartograph<sup>1)</sup>, der zur Kartierung aller mit der Handmeßkammer gemachten Aufnahmen dient, und der Stereoplanigraph<sup>2)</sup>, mit dessen Hilfe die Aufnahmen der Zweifach-Reihenbildkammer ausgewertet werden können.

Für die Herstellung von Karten aus Meßbildern sind gewisse Unterlagen erforderlich. Es sind dies: Lage und Höhe des Ortes der Aufnahme, Orientierung der Kammer gegen das Lot oder gegen den Horizont, azimutale Orientierung der Aufnahmen. Diese Unterlagen können, soweit es sich um das Ausmessen von Bildpaaren handelt, zum Teil durch andere Unterlagen ersetzt werden. Bei Bildpaaren ist aus den Bildern selbst eine gegenseitige Orientierung der Aufnahmen möglich. Dadurch wird ein räumliches Modell der abgebildeten Landschaft erhalten. In diesem Fall sind die benötigten Unterlagen: Lage und Höhe für wenigstens einen Punkt der Landschaft, Maßstab des Modelles, Orientierung gegen das Lot oder den Horizont und schließlich azimutale Orientierung.

Die größte Schwierigkeit für die Kartenherstellung aus den Arktisaufnahmen liegt in der Beschaffung der Unterlagen. Was steht nun zur Verfügung? Im günstigsten Fall liefert die Navigation: genäherte Angaben über geographische Länge und Breite zu einem bestimmten Zeitpunkt, die barometrisch bestimmte Flughöhe über Meer und die Reisegeschwindigkeit. Aus den Bildern selbst sind unter günstigen Umständen zu erkennen: der natürliche Horizont (Tafel 21, Abb. 6), Uferländer des Meeres oder von Seen, der Schatten des Luftschiffes (Tafel 21, Abb. 7) oder ein Reflexbild der Sonne im Wasser oder auf nassem Eis (Tafel 26, Abb. 23, rechts unten). Ausnahmsweise läßt sich in Gegenden, die bereits Ziel einer Forschungsreise waren, ein durch geographische Ortsbestimmung festgelegter Punkt identifizieren.

Die wichtigste Orientierung ist zunächst die Orientierung der Aufnahmen gegen das Lot oder gegen den Horizont. Es zeigt sich nun, daß der natürliche Horizont auf den Bildern nur ganz ausnahmsweise erkennbar ist. In der Regel verschimmt er entweder im Dunst oder in Wolken (Tafel 27 f., Abb. 28, 29) oder er ist durch Berge von unbekannter Höhe überdeckt (Tafel 21, Abb. 8). Eine gleichmäßige Nebeldecke in der Ferne vermag ihn zum Teil zu ersetzen, doch ist deren Höhenlage und damit die zugehörige Kimmtiefe in der Regel unbekannt (Tafel 24, Abb. 13). Diese Schwierigkeit entfällt, sobald auf Bildpaaren die Meeresküste oder Uferlinien von Seen erscheinen. Da aus dem Bildpaar die Landschaft ihrer Form nach als Modell rekonstruierbar ist, so hat man nur das Modell so zu kippen, daß die Meeresfläche oder ein See horizontal liegt, eine verhältnismäßig einfache Operation. Sind keine Uferlinien abgebildet, so ist nur mehr eine genäherte Orientierung möglich, etwa nach Wolkenbänken, von denen man annimmt, daß sie horizontal liegen, oder auf Grund des Umstandes, daß Wasserläufe „abwärts“ führen müssen. Die Horizontierung des Modelles gelingt dann besonders gut, wenn Uferlinien nicht nur im Vordergrund des Bildpaares, sondern auch in weiter Ferne erscheinen (Tafel 24, Abb. 16).

Nächstwichtig ist Bestimmung des Maßstabes. Als Unterlage hierfür dient in erster Linie die barometrisch bestimmte Flughöhe. Die Bildfolgezeit zwischen zwei Aufnahmen gibt in Verbindung mit der Reisegeschwindigkeit eine Kontrolle, eine weitere Kontrolle ist aus Bildern möglich, auf denen der Schatten des Luftschiffes erscheint (Tafel 21, Abb. 7).

Von diesen Unterlagen ist bei einem Flug längs der Küste die barometrische Höhenbestimmung die zuverlässigste. Bei rd 1000 m Flughöhe gibt sie den Maßstab auf etwa 3 vH genau. Bildfolgezeit und Reisegeschwindigkeit zeigen für einen Flug unter konstanten Windverhältnissen für auf-

<sup>1)</sup> H. Gruner: Das photogrammetrische Instrumentarium der Aerotopograph G. m. b. H. (Bildmessung und Luftbildwesen III, 1928, S. 110.)

<sup>2)</sup> O. v. Gruber: Die Entwicklung des Zeiss-Stereoplanigraphen von 1920 bis 1930. (Bildmessung und Luftbildwesen V, 1930, S. 129.)

einanderfolgende Bildpaare eine noch wesentlich bessere Bestimmung des relativen Maßstabes; sie sind jedoch für eine absolute Maßstabsbestimmung wegen der Unsicherheit in der Größe der absoluten Reisegeschwindigkeit wenig geeignet. Die unsicherste Bestimmung ist die aus der Länge des Schiffsschattens <sup>1)</sup>, etwa 10 vH. Der Schlagschatten ist nicht genügend klar erkennbar. Trotzdem ist diese Bestimmung des Maßstabes bei Flügen über Land (z. B. Tafel 21, Abb. 7) ein wichtiges Hilfsmittel zur Bestimmung der relativen Flughöhe des Schiffes.

Die azimutale Orientierung der Bilder oder des Modelles kann aus der Richtung nach dem Schatten des Schiffes erfolgen, nach Spiegelbildern oder wenigstens Reflexen der Sonne auf Wasser oder horizontalen Eisflächen (Tafel 26, Abb. 23), unter Umständen auch aus Berggipfeln und ihrem Schatten (Tafel 24, Abb. 13). Voraussetzung für diese Orientierung ist Kenntnis der Aufnahmezeit und der geographischen Länge und Breite des Aufnahmeortes. Fehler in diesen Unterlagen bewirken selbstverständlich Azimutfehler. Die Positionsangaben aus der Navigierung sind hierbei insbesondere dann, wenn sie interpoliert werden müssen, das relativ unsicherste Element. Die Positionsangaben können gelegentlich aus dem Depressionswinkel des Schiffsschattens oder des Reflexbildes der Sonne kontrolliert und verbessert werden.

Schiffsschatten und Sonnenbilder und die zugehörigen Aufnahmezeiten sind aber nicht nur für die Orientierung der Bilder nach der Nordrichtung die wichtigsten Unterlagen, sondern sie ermöglichen auch eine Kontrolle für die gegenseitige Orientierung aufeinanderfolgender Bilder, ja sie können bei Flügen über offenem Wasser, wo die gegenseitige Orientierung erschwert ist, das wichtigste Hilfsmittel sein, um das Modell einigermaßen zuverlässig frei von Verzerrungen zu erhalten.

Aus dem Aufnahmematerial wurden folgende Karten gewonnen <sup>2)</sup>:

1. Teilstück der Südostküste von Nowaja Semlja,
2. Karte eines Teiles der Mittelinsel von Nordland (Severnaja Semlja),
3. Karte des Matussewitsch-Fjordes auf Nordland.

#### 1. Teilstück der Südostküste von Nowaja Semlja

(Vgl. Tafel 21 u. 22, Abb. 8 u. 9)

Die Karte wurde aus Aufnahmen mit der Handmeßkammer hergestellt, die am 29. Juli 1931 gemacht worden waren. Die Zeichnung erfolgte im Maßstab 1:200 000 mit Hilfe des Aerokartographen. Der Maßstab der Reproduktion (Tafel 22, Abb. 9) ist 1:500 000.

Der sich etwa 25 km in die Ferne erstreckende Fjord bot eine ausreichende Unterlage zur Horizontierung des Modelles. Der Maßstab wurde aus der Flughöhe von 1100 m abgeleitet. Die geographische Orientierung ist nur vorläufig und wird eine Verbesserung erfahren, sobald durch Erweiterung der Karte aus Aufnahmen mit der Zweifach-Reihenbildkammer der Anschluß an astronomisch bestimmte Punkte möglich ist. Das Bildmaterial erlaubte die Herstellung einer Schichtlinienkarte mit einem Schichtenabstand von 100 m. Maßstab und Höhen dürften keinen größeren Fehler als 10 vH, wahrscheinlich sogar nur 5 vH aufweisen. Der Erdkrümmung wurde bei der Ausarbeitung Rechnung getragen.

Die Karte umfaßt Teile des Inlandeises an der Stelle, wo die geschlossenen Eismassen des Nordteiles aufhören und im südlichen Teil einem mehr alpinen Gletschertypus Platz machen. Das Vorland bildet eine stark zertalte Hochfläche von 400–500 m Höhe. Daran schließt sich südlich

<sup>1)</sup> Für Aufnahmen mit der Zweifach-Meßkammer gilt als Näherungsformel:

$$\text{Flughöhe in Meter } h = \frac{y \cdot 235}{s + 1,35}$$

Hierin ist  $y$  die Bildordinate, gemessen vom Horizont,  $s$  die Länge des Schattens auf dem Bild,  $y$  und  $s$  in Millimeter gemessen.

<sup>2)</sup> Mangel an finanziellen Mitteln hat die Auswertung des ganzen Materials verhindert; es wurde jedoch das wichtigste und interessanteste ausgewählt.

eine Seenplatte in 60–90 m Höhe an. Das den Rücken der Insel bedeckende Inlandeis erhebt sich bis zu knapp 700 m Höhe. Aus ihm ragt eine Reihe niedriger Felsgipfel hervor, vereinzelt aber auch schroffe Felszacken bis zu 1100 m Meereshöhe. Die Karte zeigt an der Südwestgrenze des geschlossenen Inlandeises in Verlängerung des Fjordes (Tafel 22, Abb. 9) eine die Insel durchquerende Senke, in die von NO und SW her die Eismassen zusammenfließen. Von einem niedrigen Sattel aus teilen sich die Gletschermassen und fließen nach beiden Küsten hin auseinander.

## 2. Karte eines Teiles der Mittelinsel von Nordland

(Vgl. Kartenbeilage [Tafel 1] und Tafel 22 u. 23, Abb. 10 u. 11)

Unterlage für diese Karte bilden in der Hauptsache Aufnahmen, die mit der Zweifach-Reihenbildkammer am 28. Juli 1931 in der Zeit von 6 Uhr 30 Min. MGZ. bis 9 Uhr 45 Min. aufgenommen worden sind. Außerdem sechs Aufnahmen mit der Handmeßkammer. Zur Ergänzung konnten 14 Aufnahmen der Panoramakammer herangezogen werden.

Die Karte umfaßt einen nördlichen Teil vom Sund der Roten Armee bis zum Beginn des Matussewitsch-Sees mit einem Teil der Nordostküste und einen südlichen Teil mit Schokalski-Sund und dessen östlicher Begrenzung durch die Südinsel. Zwischen beiden Teilen der Karte klafft eine Lücke, hervorgerufen durch eine für die photographische Aufnahme undurchdringliche Nebeldecke.

Die geographische Orientierung dieser Karte bot zunächst gewisse Schwierigkeiten: Aus der Navigation war das Besteck für drei Punkte um 6 Uhr 30 Min. MGZ., 7 Uhr 43 Min. und 11 Uhr 20 Min. bekannt. Das Luftschiff legte jedoch zwischen diesen Punkten den Weg in großen Krümmungen zurück, so daß eine Interpolation für zwischengelegene Punkte außerordentlich unsicher wurde. Nach Herstellung der Karte konnten indessen zwei Punkte identifiziert werden, deren Lage inzwischen aus Messungen der russischen Nordlandexpedition 1930–32 bekannt geworden sind. Es sind dies der nördlichste und der südlichste Punkt der Mittelinsel („Insel der Oktober-Revolution“), und zwar: Nordosteingang des Sundes der Roten Armee (P. 46) mit  $80^{\circ} 30' N$ ,  $97^{\circ} 7' O$  und Südwesteingang des Schokalski-Sundes (P. 8)  $78^{\circ} 46' N$ ,  $98^{\circ} 39' 30'' O$ . Auf Grund dieser Daten konnte das Gradnetz der Karte neu gezeichnet werden. Zugleich stellte es sich heraus, daß die genäherte Ortsbestimmung für den südlichen Teil um etwa  $14'$  in der Breite und  $1^{\circ}$  in der Länge falsch war, während das Besteck von 6 Uhr 30 Min. in der Breite eine Änderung um rd  $20'$  erfahren muß.

Für die azimutale Orientierung konnten im südlichen Teil Schattenbilder auf vier Aufnahme-paaren verwendet werden, im nördlichen Teil ein Reflexbild der Sonne und Bergschatten. Das Reflexbild der Sonne ergab gleichzeitig die Möglichkeit zu einer ersten Verbesserung der geographischen Breite. Nach dieser Verbesserung war es dann möglich geworden, den nördlichsten Punkt der Karte als den Nordosteingang zum Sund der Roten Armee zu identifizieren. Der mittlere Fehler der Breitenbestimmung aus dem Sonnenreflex (Tafel 26, Abb. 23) sowie aus der Strahlenneigung auf Grund von Bergschatten (Tafel 27, Abb. 25 u. 26) betrug  $\pm 5'$ , die Differenz aus der Orientierung nach dem Nordosteingang zum Sund der Roten Armee beträgt  $-3'$ . Eine Kontrolle für den Zusammenhang zwischen nördlichem und südlichem Teil ergab sich aus dem günstigen Umstand, daß infolge des an der Ostküste herrschenden außerordentlichen klaren Wetters auf zwei Bildern der nördlichen Reihe (Tafel 24 u. 25, Abb. 16 u. 20) in einer Entfernung von 130–140 km der Gipfel eines Berges (P. 41) erkannt und dann auf Grund dieser Bilder der Lage nach festgelegt werden konnte, der bereits aus Bildern der südlichen Reihe (Tafel 30, Abb. 39 u. 40) ebenfalls festgelegt worden war. Es handelt sich um den Nordosteingang zum Schokalski-Sund. Nach der Orientierung der beiden Kartenteile auf Grund der astronomisch gegebenen beiden Punkte zeigte es sich, daß die Lage des Punktes 41 in beiden Kartenteilen nur um 4 km differierte.

Die Auswertung der mit der Zweifach-Reihenbildkammer gemachten Aufnahmen erfolgte mit dem Stereoplanigraph. Da die Zweifachkammer während dieses Teiles des Fluges an der linken

Bordseite eingesetzt worden war, konnte aus diesen Aufnahmen nur der östlich der Fluglinie gelegene Geländestreifen ausgearbeitet werden, allerdings bis zu einer Tiefe von 40–70 km. Die westlich der Fluglinie gelegenen Teile wurden aus den Aufnahmen der Handmeßkammer mit Hilfe des Aerokartograph ergänzt. Da diese Aufnahmen jedoch nicht systematisch gemacht worden waren, so konnte nur in einem einzigen Fall (in der Nähe von P. 46, Tafel 24, Abb. 14 u. 15) auf Grund eines Bildpaares stereoskopisch ausgemessen werden, während die übrigen Ergänzungen durch monokulare Ausmessung auf zum Teil sehr weite Entfernungen geschehen mußten. Diese Teile (P. 47, 48, 49–70) konnten infolgedessen nur als Skizzen gegeben werden. Dasselbe gilt für Punkt 45 (Tafel 24, Abb. 14). Die Aufnahmen mit der Panoramakammer sind in diesem Teil des Fluges leider nur zu einem Teil als zusammenhängender Streifen erfolgt. Die Unterbrechungen waren durch tiefliegende Wolken bedingt. Infolgedessen konnten nur einige kurze Stücke der Südwestküste in einer Gesamtlänge von rd 29 km mit einer Fläche von rd 45 qkm aus diesen Aufnahmen ergänzt werden. Die Ergänzung erfolgte durch graphische Konstruktion. Für den nördlichen Teil standen Aufnahmen mit der Panoramakammer leider nicht zur Verfügung.

### 3. Karte des Matussewitsch-Fjordes

(Vgl. Kartenbeilage [Tafel 2] und Tafel 23, Abb. 12)

Anlässlich der Orientierung der Bilder für die Zeichnung der großen Karte ergab sich eine Überraschung, indem es sich herausstellte, daß der angeblich der Küste zufließende Gletscher, wie er in „The Geographical Review“ 1932, S. 69f., aus Aufnahmen mit der Panoramakammer durch Lincoln Ellsworth und Edward H. Smith gedeutet worden war, eine horizontale Ebene darstellt, und zwar in Meeresniveau. Dieser Umstand gab Veranlassung, den Teil des Matussewitsch-Fjordes, in den die Gletschereismassen des Inlandeises von allen Seiten zusammenfließen, als Sonderkarte im Maßstab 1:25000 auszuarbeiten. Hierzu wurden südöstlich des Flugstreifens die Aufnahmen mit dem Zweifach-Reihenbildner verwendet, während nordwestlich gelegene Teile aus Aufnahmen mit der Handmeßkammer in monokularer Ausmessung ergänzt wurden.

#### Erkundeter Karteninhalt

Das Ergebnis der Erkundung des Bildinhaltes erstreckt sich nicht nur auf die allgemeine Geländeform, sondern insbesondere auch auf Einzelheiten geologischer, morphologischer und glazialer Natur. Außerdem konnten Messungen hinsichtlich der Wolkenhöhen und der Windgeschwindigkeit vorgenommen werden.

Zur Zeit der Aufnahmen herrschte östlich der Insel teilweise vollkommen klares Wetter, während von NW her zwei Wolkenbänke herangetrieben wurden, eine obere Wolkenbank in der Höhe von 3000–3500 m und eine niedrige in der Höhe von 500–700 m im nördlichen Teil, 600–1000 m im südlichen Teil. Aus der Verschiebung der Wolkenschatten zwischen zwei aufeinanderfolgenden Aufnahmen konnte die Windstärke und Windrichtung ermittelt werden; sie betrug im nördlichen Teil Stärke 8 nach Beaufort, während sie im südlichen Teil im Schatten der Inlandeis massen teilweise geringer war.

Die Hauptkarte zeigt auf der Mittelinsel vier mächtige, nicht zusammenhängende Inlandeis massen. Die Nordspitze der Insel ist von einer Eismasse bedeckt, die vielfach in mehr oder weniger zerklüfteten Eisströmen gegen O zum Meer herabströmt, einen Plateaurand durchbrechend (vgl. Tafel 22–24 u. 28, Abb. 10, 12, 14, 15, 31, 32; die Punkte 46, 47, 48, 49,  $\times 42$ ,  $\times 41$ <sup>1)</sup>). Gegen S zu nimmt die Bewegung ab. Zwei sanfte Eisströme (Tafel 27, Abb. 28, P.  $\times 40$ , 70 u. 71) ergießen sich noch in den Matussewitsch-Fjord. Dann setzt sich die Eismasse in einer Böschung gegen das apere, flache Vorland ab und erinnert an das Zungenende eines stationären oder in langsamem Zurückschreiten begriffenen Gletschers (Tafel 27f., Abb. 28 u. 29, P. 78–80). Eine genauere

<sup>1)</sup> Die mit  $\times$  bezeichneten Zahlen beziehen sich auf Punkte der Spezialkarte 1:25000 (vgl. Tafel 23, Abb. 12), die einfachen Zahlen auf Punkte der Hauptkarte (vgl. Tafel 22f., Abb. 10 u. 11).

Untersuchung zeigt typische Ogivenbildungen mit Verschiebungsklüften, an denen schlammige Grundmoräne austritt (Tafel 28, Abb. 29, P. 78), unterbrochen von einzelnen Innenmoränenhaufen. Das Vorland erstreckt sich als nackte Abrasionsfläche weit nach SSW. Es wird im Süden durch den Matussewitsch-See, im Südwesten durch eine zweite Inlandeisfläche (Tafel 23, Abb. 11, P. 31) begrenzt. Soweit diese zweite Eismasse auf Bildern erkennbar ist, zeigt sie nach allen Seiten die gleichen Böschungsverhältnisse wie die Südseite der nördlichen Masse (Tafel 23 u. 29, Abb. 11, 33, 34, 35, P. 31). Auch hier ist in etwa 120 m Höhe über dem Eisrand eine Hauptverschiebungskluft ausgebildet, aus der Schlamm austritt und in deren Verlauf an einzelnen Stellen größere Moränenhügel abgelagert werden. Die gleiche Erscheinung ist auch am Südwestrand der dritten Eismasse (Tafel 23, Abb. 11, P. 33) zu erkennen (Tafel 29f., Abb. 36, 37, 38, P. 26, 27, 29, insbesondere der große Innenmoränenhaufen P. 27 in Abb. 36 u. 37). Nach S und SO entsendet diese südliche Eismasse (P. 33) nur schwache Zungen zum Meer. Ein Abbruch ist nicht erkennbar, die Böschung dagegen ähnlich derjenigen gegen das apere Vorland im Südwesten, so daß wahrscheinlich das Ende nur eben in das Meer taucht. Der östliche Teil dieser Eismasse lagert auf einem etwa 200 m hohen Plateau (Tafel 23, Abb. 11, P. 20, u. Tafel 30, Abb. 39, P. 40), das anscheinend längs des Ostufers der Insel sich nach N zieht. Im Norden der südlichen Inlandeisfläche (P. 33) erhebt sich ein eisfreies Hügelland (Tafel 23, Abb. 11, P. 39). Erst weiter im Norden findet sich an der Ostküste wieder eine größere, die vierte, Inlandeisfläche (Tafel 22 u. 24ff., Abb. 10, 16—24, P. 66—69). Während sich die beiden südlichen Eismassen in geschlossenen Eisdomen zu Kuppenhöhen von etwa 750—850 m erheben, ragen aus der nordöstlichen Eismasse Nunataks von 900 m Höhe heraus (Tafel 22 u. 25, Abb. 10, 19, 20, P. 67 u. 68). Auch sonst zeigt diese Eismasse größere Gliederung als die beiden südlichen. Sie ruht auf einem höheren Plateau von etwa 600 m Höhe, steigt zu einem niedrigeren Plateau von 300—400 m Höhe herab und durchbricht dessen Rand in mehreren mächtigen Gletscherströmen. Der Rand des höheren Plateaus zeigt sich in Tafel 22—27, Abb. 10, 12, 16—27 an den Punkten 64,  $\times 1$ ,  $\times 8$ , 69<sup>1)</sup> und den „Fenstern“ P. 62 u. 63, während das niedrigere Plateau durch die Punkte 59, 60, 61 bezeichnet ist. Das höhere Plateau setzt sich nach W zu den im wesentlichen eisfreien Höhen P.  $\times 9$ ,  $\times 10$ ,  $\times 11$  und  $\times 46$  fort, denen als niedrigeres Plateau die Höhen P.  $\times 12$ ,  $\times 13$ ,  $\times 14$ ,  $\times 15$  vorgelagert sind.

Die von den Inlandeisflächen in die Matussewitsch-Bai und den gleichnamigen Fjord herabströmenden Gletscher geben dort zu besonderen Erscheinungen Anlaß. Die Eismassen lösen sich vom Untergrunde ab, beginnen zu schwimmen und breiten sich über Fjord und Bai aus, soweit sie nicht auf Hindernisse stoßen. Bei freier Ausbreitung löst sich der Eisrand in große Tafeln auf und erhält ein fransiges Aussehen (Tafel 23, Abb. 12, bei P. 34 besonders deutlich, außerdem Tafel 25, Abb. 17 u. 18, von P. 51 aus nach vorne, Tafel 26, Abb. 21, zwischen P. 27 u. 28, Abb. 24, bei P. 34). Daß es sich bei diesen Schollen um Gletschereis handelt, ergibt sich aus ihrer Dicke. Sie ragen 3,40—4 m aus dem Wasser auf, was einer Dicke von 24—30 m entsprechen dürfte. Wo die freie Ausbreitung des schwimmenden Gletschereises auf Hindernisse stößt, sei es, daß die Eismassen sich am gegenüberliegenden Ufer stauen oder auf Eismassen eines benachbarten oder gegenüberliegenden Gletschers stoßen, entstehen Spannungen. Sie führen zum Teil zu einem Zerreiben der Eisränder, wie bei den in Tafel 23 u. 25, Abb. 12 u. 20 zu beiden Seiten von P.  $\times 1$  herabströmenden Massen, die sich unterhalb P.  $\times 24$  treffen, pressen und bei P.  $\times 26$  auflösen. In der Regel jedoch führen die Spannungen zur Ausbildung von Eiswällen in verschiedener Mächtigkeit; 12—14, ja 22 und 30 m hoch türmen sich die Eismassen (vgl. Tafel 23, 24 u. 26ff., Abb. 12, 13, 21—27, 30 u. 31, die Punkte  $\times 30$ ,  $\times 32$ ,  $\times 33$ ,  $\times 36$ ,  $\times 37$ ,  $\times 20$ ). Deutlich zeigt sich, wie der mächtige Gletscher  $\times 41$  seine Eismassen über den Fjord schiebt, wie sie sich bei  $\times 36$ ,  $\times 32$  und  $\times 33$  am anderen Ufer stauen, bei  $\times 30$  an einer Moräneninsel und zwischen  $\times 30$  und  $\times 32$  an den Eismassen, sie von  $\times 3$  her entgegenströmen. Eine eigenartige Verbiegung der Eiswälle erfolgt bei  $\times 33$  durch die von  $\times 6$  her sich ausbreitenden Massen.

Eigenartig ist auch das Verhalten des Eises zwischen  $\times 38$  und  $\times 37$ . Hier drängen die Eismassen von dem bei  $\times 40$  herabströmenden Gletscher aus dem Fjord und verhindern so die Ausbreitung der Massen des Gletschers  $\times 41$  nach W. Er transportiert die Schuttmassen seiner Seitenmoräne über den Fjord und lagert sie zwischen  $\times 35$  und  $\times 37$  am anderen Ufer ab. Ein ähnlicher Morärentransport findet auch bei  $\times 29$  in Richtung auf  $\times 30$  zu statt, wie denn  $\times 28$  und  $\times 30$  als im Fjord abgelagerte Moränenhügel erscheinen, während  $\times 43$ , insbesondere aber 50 und 51 (Tafel 22, 25 u. 28, Abb. 10, 18, 31, 32) vielleicht eher als Schären anzusprechen sind.

Soweit die Eisbedeckung das Gelände frei läßt, zeigt der Aufbau der Insel längs des Nordostufers Erhebungen, die unter  $79^{\circ} 40' N$ ,  $99^{\circ} O$  mit rd 900 m ihre größte Höhe erreichen. Diese Höhen fallen jedoch nur teilweise unmittelbar zum Meer ab. An der Nordspitze der Insel (Tafel 22 u. 24, Abb. 10 u. 14, P. 46) liegt vor dem Kap eine Abrasionsfläche. Das gleiche gilt in wesentlich größerem Umfang im Osten der Matussewitsch-Bai. Eine breite Abrasionsfläche, die sich im allgemeinen nicht über 60 m erhebt, liegt vor den schroffen Höhen (Tafel 22 u. 24f., Abb. 10, 16, 17, zwischen P. 52, 53, 54, 57, 58). Der Fuß der Höhen zeigt einen unvermittelten Übergang des Gefälles, wie er für Brandungskehlen charakteristisch ist. Die Höhenlage der Kehle ist etwa 80 m. Nur bei P. 56 liegt sie in etwa 120 m Höhe, doch zeigen sich dort über der niedrigeren Abrasionsfläche Reste einer zweiten höheren Fläche, die ihrerseits mit steiler Böschung sich gegen die untere Fläche absetzen (Tafel 22, Abb. 10, P. 56 u. 57).

Westlich und südwestlich der Höhen lassen die Inlandeismassen weite Flächen fluvioglazialen Gepräges frei (Tafel 22 u. 28, Abb. 10 u. 29, P. 79, Tafel 23 u. 29f., Abb. 11, 34–37, P. 23–26). Diese Flächen sind zum Teil nackter Untergrund und lassen dann Ausbülklinien geologischer Schichten erkennen (Tafel 29, Abb. 33, links vorne, und Tafel 23, Abb. 11, P. 11 u. 17), zum anderen Teil sind sie von Schutt- und Schlammassen bedeckt, die von mächtigen Strömen dort abgelagert wurden.

Während im nördlichen Teil nur ein einzelner größerer Fluß (Tafel 22 u. 28, Abb. 10 u. 29, P. 74) dem Matussewitsch-See seine Wassermassen zuführt und am Anfang des Sees ein großes Delta bildet, entströmen den beiden südlichen Eismassen mehrere große Ströme (Tafel 23 u. 29f., Abb. 11, 34, 36, 37, P. 1, 23, 24, 26, 28, 29). Sie führen Schotter und Schlamm mit und lagern diesen an der Meeresküste in Deltabildungen von außerordentlich großem Ausmaß ab (P. 1, 3, 6, 7). Die Strömungen des Meeres und Sperrwälle gestrandeten Packeises geben Anlaß zu Bildung von Schlammriffen und Lagunen (Tafel 23 u. 29f., Abb. 11, 34, 35, 37, 38, P. 1, 2, 4, 7, 8).

Für die Kenntnis des geologischen Aufbaues der Insel sind nicht nur die Ausbülklinien von Schichten (Tafel 23, Abb. 11, P. 11, 17 u. 18) wertvoll. Deutlich erkennbar ist auch im nördlichen Teil das Fallen und Streichen der Schichten (Tafel 23, Abb. 12, P.  $\times 13$ ). Der Steilabfall oberhalb P.  $\times 19$  (Tafel 23 u. 27, Abb. 12 u. 25) entspricht einer bloßgelegten Schicht.

Von besonderem Interesse sind nun alle die Spuren, welche von einer früheren Vereisung Zeugnis ablegen und insbesondere auch alle, die eine Hebung des Landes beweisen. Als Zeugen einer stärkeren Vereisung finden sich: Rundbuckel mit Furchungsspuren (Tafel 23 u. 27, Abb. 12, 26–28, P.  $\times 14$  bis  $\times 15$ ), ein großer, jetzt eisfreier Gletschertrog (Tafel 23 u. 27, Abb. 12, 25, 26, P.  $\times 18$ ) mit gut geglätteten Hängen, an denen Gehängeleisten (Tafel 23 u. 27, Abb. 12 u. 26, zwischen P.  $\times 10$  u.  $\times 18$ ) deutlich erkennbar sind. Der Trog ist übertieft und von einem See erfüllt. Ein weiterer Zeuge des letzten Hochstandes der Vereisung ist eine alte Seitenmoräne P.  $\times 21$  (Tafel 23 u. 26, Abb. 12, 23 u. 24), die sich von P.  $\times 5$  herabzieht gegen P.  $\times 22$ . Im südlichen Teil (Tafel 23, Abb. 11) sind Zeichen einer früheren Ausdehnung der Eismassen erhalten in der Andeutung peripherer Entwässerung (P. 24, 25, besonders P. 29), insbesondere aber in dem Umstand, daß größere in die Ebene eingeschnittene Flüsse (z. B. P. 25) jetzt kein Wasser mehr führen.

Zeichen für Hebung des Landes finden sich allenthalben in Gestalt von Terrassen und Hohlkehlen. Die Hinweise, die sich aus der Gestaltung der Abrasionsfläche (P. 52–54–58) ergeben

haben und auf zwei Hebungen deuten, eine erste um etwa 40 m, eine zweite um weitere 80 m, werden bestätigt durch Terrassen im Süden (P. 12, 15, 20 auf Tafel 23 u. 29f., Abb. 11, 34, 39) in 100–200 m Höhe. Außerdem treten hier auch noch Niederterrassen auf in etwa 40 m Höhe (P. 14, 16, 17, 19 auf Tafel 23 u. 30, Abb. 11 u. 39). Auf eine Tieferlegung der Erosionsbasis läßt auch der Umstand schließen, daß die großen Ströme in ihrem oberen Teil tief in die Ebene eingeschnitten sind, P. 24 etwa 40 m, P. 26, 27, 28, 29 je etwa 30 m. Interessante Zusammenhänge ergeben sich aus den Terrassen im Matussewitsch-Fjord: Es finden sich Terrassen in 75 m Höhe bei P.  $\times 23$ ,  $\times 17$ ,  $\times 20$  und eigenartigerweise auch im alten Trog bei P.  $\times 16$  (vgl. Tafel 23, 26 u. 27, Abb. 12, 23–28). Die Hebung um 75 m muß also nach der letzten großen Vereisung in verhältnismäßig junger Zeit erfolgt sein. In gleicher Höhe wie diese Terrassen zeigt sich bei P.  $\times 19$  (Tafel 23 u. 27, Abb. 12 u. 25) eine Hohlkehle (Brandungs- oder Schliffkehle). Hier geht der Steilhang in einer durch die Schneefleckenreihe besonders hervorgehobenen Linie zu einem sanfteren Gefälle über und ist unterhalb dieser Linie mit Schutt bedeckt. Die nach N abstürzenden Felswände P.  $\times 13$  bis  $\times 15$  zeigen in der gleichen Höhe Unterfräsungen und lassen damit eine der gegenwärtigen ähnliche Bewegung im Fjord für die Zeit vor der letzten großen Hebung erkennen, aber auch die Terrassen im Süden geben zu erkennen, daß sie unter ähnlichen Verhältnissen entstanden sein müssen wie in der Gegenwart die Schlammriffe. Die Terrassen bei P. 12, 14, 15, 16 (Tafel 23, Abb. 11) zeigen nämlich am Fuß des Abhanges Quellhorizonte und lassen daher vermuten, daß sie als ehemalige Schlammriffe dem Untergrund aufliegen.

Der auf der Karte noch dargestellte nördliche Teil der Südinsel zeigt ähnliche Verhältnisse wie die Mittelinsel, doch ist die Entwicklung des Inlandeises wesentlich geringer (P. 34, 35, 36 von Tafel 23 u. 30, Abb. 11, 40 u. 41). Die Eismassen liegen auf einem zertalten Plateau von etwa 300 m Höhe. Kleinere Fjorde (P. 42, 43, 44) schneiden in den Plateaurand ein. Vereinzelt Gletscherzungen (P. 37) reichen bis an das Meer herab. Hebungsspuren sind deutlich erkennbar: Terrassenbildung in 120–180 m Höhe (P. 21 u. 22), außerdem der bis zu 100 m in die Umgebung eingeschnittene Fluß (P. 30).

Von der Nordinsel konnte während der Fahrt nichts aufgenommen werden. Ihr Vorhandensein ist auf Tafel 22 u. 24, Abb. 10 u. 14, als P. 45 angedeutet.

Die bisherigen Auswertungen zeigen, in welcher Weise die Luftbildmessung selbst unter schwierigen Bedingungen der geographischen Forschung nutzbar gemacht werden kann. Sie zeigen weiter, daß der ursprüngliche Plan für die Ausrüstung des Luftschiffes zweckmäßig war und bei einer neuen Expedition zur Anwendung kommen sollte. Es wäre also das Luftfahrzeug so auszurüsten, daß zwei Kammern das Gelände zu beiden Seiten, eine dritte Kammer den Boden unter dem Fahrzeug aufnimmt. Die vereinzelt aufgenommenen mit der Handmeßkammer, die in der Flugrichtung gemacht waren, haben indessen gezeigt, daß zur besseren Ausgestaltung der Triangulation der Einbau einer vierten Kammer sich empfiehlt, die, je nach den Einbaumöglichkeiten, Aufnahmen in der Flugrichtung entweder nach vorne oder nach rückwärts ermöglicht. Die Verbindung dieser Kammern erlaubt dann nicht nur einen geschlossenen Bildstreifen von Horizont zu Horizont aufzunehmen, sondern wird sehr häufig die Möglichkeit geben, den Schatten des Schiffes oder auch einen Reflex der Sonne aufzunehmen und damit nicht nur die azimutale Orientierung erleichtern, sondern auch die geographische Ortsbestimmung in wirksamer Weise ergänzen. Hinsichtlich der Navigation ergeben sich als Wünsche: konstante Flughöhe, konstante Fluggeschwindigkeit, möglichst wenig Richtungsänderungen.

Außer der Klärung technischer Fragen brachte die Auswertung geographisch wesentliches Material. Während der raschen Fahrt kann ein Beobachter nur die wesentlichen Umrisse des überflogenen Gebietes erkennen, ein Verweilen bei interessanten Einzelheiten ist ausgeschlossen. Selbst einzelne photographische Aufnahmen schützen vor Irrtümern in der Deutung dargestellter Objekte nicht, da sie über die Raum- und Größenverhältnisse nur unvollkommen Auskunft geben. Erst

die stereoskopische Betrachtung und Ausmessung zeigt alle Einzelheiten der Formen nach Ausmaß und Lage. Insbesondere vermittelt das Abtasten des plastisch gesehenen Reliefs eine Geländekenntnis, wie sie sonst nur durch eingehende örtliche Erkundung erworben werden könnte. Gerade für Forschungsfahrten erweist sich also die Stereophotogrammetrie als eines der wichtigsten wissenschaftlichen Hilfsmittel, das die geographische Forschung außerordentlich zu bereichern vermag.

---