

Photogrammetrische Eisbeobachtung und Eismessung.

Von Hans Richter, Blankenfelde.

Die Eisforschung hat seit längerer Zeit erkennen können, welchen großen Vorteil die Photogrammetrie für ihre Arbeiten bietet. Das betrifft die Photogrammetrie ebenso als Meßmethode wie auch als Beobachtungs- und Erkundungsmittel. Alle ihre Verfahren, wie Luftbildaufnahme und -messung, terrestrische und auch Mikro-Photogrammetrie haben auch auf diesem Gebiet ihre Leistungsfähigkeit beweisen können. Wenn auch flächenmäßig das Luftbild dabei den Hauptanteil für sich in Anspruch nimmt, so sind doch die anderen photogrammetrischen Verfahren für die Eisforschung nicht weniger wertvoll. Diese Möglichkeiten und ihre Technik von photogrammetrischer Seite aus zu erläutern, ist der Zweck dieser Betrachtung.

Für die Meereis-Forschung besitzen Luftbild und Luftbildmessung eine ausgesprochen entscheidende Bedeutung. Das leuchtet sofort ein, wenn man die Luftaufnahme einer großen Eisfläche betrachtet; denn kein anderes Mittel ist in der Lage, einen gleich guten Überblick über ein größeres Gebiet zu ermöglichen. Abgesehen davon können aber auch außerdem alle Einzelheiten der Eisverteilung und Eisarten erkannt werden. Grenzen zwischen Festeis, Treibeis und Packeis, Verlauf der Spalten, Einzelformen und vieles andere zeigt das Luftbild in aller Klarheit. Die als Meßaufnahmen hergestellten Luftaufnahmen gestatten ferner eine zuverlässige Ausmessung der Aufnahmen mit allen wichtigen Einzelheiten.

Die begrenzte Zugänglichkeit des Meereises und die damit zusammenhängende Unmöglichkeit einer terrestrischen meßtechnischen bzw. kartographischen Erfassung der gesamten Vereisungszustände haben eine zuverlässige Erforschung der Eisbedeckung der Meere tatsächlich erst durch das Luftbild ermöglicht. Dazu kommt, daß allein mit der Luftaufnahme der Vereisungszustand eines beliebigen Zeitpunktes erfaßt werden kann, sofern das erforderliche Licht vorhanden ist. Der Einsatz künstlicher Beleuchtung ist praktisch möglich, wird aber nur in besonderen und dringend notwendigen Fällen wegen der allgemeinen Erschwernisse (Nachtflug) und wegen des großen Bedarfs an Leuchtkörpern für große Flächen zur Anwendung kommen. Die große Geschwindigkeit der heutigen Flugzeuge und die automatisch arbeitenden Reihenbild-Meß-Kammern erlauben es, daß z. B. durch ein Flugzeug in wenigen Stunden von mehreren tausend Quadratkilometern ein geschlossener Luftaufnahmeteppich hergestellt und somit der Vereisungszustand einer großen Fläche zu einer bestimmten Zeit mit Abweichungen von der Mittelzeit von nur ungefähr ein bis zwei Stunden in zuverlässigster Weise registriert werden kann. Diese große Leistung der Photogrammetrie ist von der Eismeerforschung seit langem erkannt und für die Schifffahrt, Klimaforschung usw. von allen an den Eismeeren interessierten Staaten weitgehendst ausgenutzt worden.

Der Maßstab der Luftbilder und ihre Anordnung richtet sich nach dem Zweck der Aufnahmen. Bei Verwendung normaler Aufnahmekammern (Meßkammern) wird für eine reine Übersicht die Flughöhe groß gewählt, so daß ein kleiner Bildmaßstab entsteht, während für die Forschung selbst Flughöhen um 500 m über Grund erwünscht sind. Die zuletzt genannten Aufnahmen lassen noch alle Feinheiten der Strukturformen erkennen. Natürlich kann die Flughöhe noch geringer gewählt werden, so daß die Aufnahmen noch mehr Feinheiten des Eises wiedergeben; aber das kommt nur für ganz spezielle Aufgaben, wie Beobachtung einzelner Eisstauungen usw., in Frage.

Die Anordnung der Aufnahmen, welche als Schräg- oder Senkrechtaufnahmen hergestellt werden, erfolgt als Reihenaufnahmen, so daß sich z. B. die Senkrechtaufnahmen sofort zu Bildskizzen zusammensetzen lassen. Die Ausmessung der Aufnahmen geschieht mit den bekannten photogrammetrischen Meßgeräten. Bei der Herstellung der Aufnahmen können durch Einsatz von infrarotem Aufnahme-material auch die feineren Kontraste kräftiger hervorgehoben werden. Die Verwendung solchen Materials erfordert heute keine besonderen Vorkehrungen mehr.

Die Messung von Bewegungen und Verschiebungen des Meereises läßt sich durch periodische Aufnahmen durchführen. Das Markieren der Meßpunkte kann vor der ersten Aufnahme durch Abwerfen von Farbbomben, — das sind mit Farbstoff gefüllte Beutel, die auf dem Eis zerplatzen und einen gut sichtbaren Fleck erzeugen — erfolgen. Dabei können verschiedene Farben gewählt werden. Die Anordnung dieser Punkte erfolgt in Reihen quer zur voraussichtlichen Strömungsrichtung bzw. in Reihen verschiedener Richtungen. Das Fehlen feststehender Bezugspunkte erfordert hier aber bestimmte Aufnahmeanordnungen und Verfahrensgänge für die Ausmessung. In praktischen Arbeiten wurde festgestellt, daß es möglich ist, mit wenig Meßaufnahmen und verhältnismäßig wenig Meßaufwand für große Eismeerflächen die Strömungen zuverlässig zu bestimmen. Eine Beschreibung des Verfahrensganges würde den Rahmen dieser Betrachtung überschreiten und soll deshalb einer späteren Mitteilung überlassen bleiben. Es sei hier nur erwähnt, daß es durchaus möglich ist, aus den periodisch hergestellten Aufnahmen durch Ausmessung Richtung und Geschwindigkeit der Strömung zu ermitteln und unter günstigen Bedingungen sogar Ortsbestimmungen durchzuführen.

Terrestrische Photogrammetrie.

Aber auch bei der Erforschung des Landeises ist die Photogrammetrie mit großem Erfolg bereits seit mehreren Jahrzehnten angewendet worden. Die älteste dieser Arbeiten dürfte m. E. die von S. Finsterwalder durchgeführte Vermessung des Vernagtferners mit den Nachmessungen der Jahre 1888 bis 1895 sein *). Während es in diesen Jahren nur die terrestrischen Verfahren der Photogrammetrie waren, die Verwendung fanden, ist in den letzten Jahren auch die Luftbildmessung für die Erforschung der Landeismassen herangezogen worden. Da es allgemein nicht schwierig ist, die Landeismassen an Ort und Stelle zu untersuchen, so erstreckt sich die photogrammetrische Messung in der Hauptsache auf die topographische Vermessung und die Messung der Bewegung. So sind sehr umfangreiche Eisgebiete in der Antarktis, Arktis und den Hochgebirgen topographisch mit der Luftbildmessung kartiert worden. Eine ganze Reihe von derartigen speziellen Arbeiten ist im Laufe der letzten Zeit bekannt geworden. Erinnerung sei nur an die vorzüglich gelungenen Luftaufnahmen aus Nordostgrönland, Spitzbergen, vom Jostedalbreccen (Norwegen), aus der Antarktis, ferner von der Arktisfahrt des Luftschiffes Graf Zeppelin, aus der Schweiz und anderen. Die Aufnahmen lieferten der Wissenschaft viele neue Erkenntnisse und ermöglichten umfangreiche genaue Kartierungen der vereisten Gebiete. Die ausgezeichneten Aufnahmen von den Gletscherströmen der Antarktis, wie sie bisher noch nicht vorlagen **), führten zu der Erkenntnis, auch die Geschwindigkeit der Gletscherbewegung mittels Luftbildmessung zu bestimmen. Zu diesem Zweck wurde für die beabsichtigte Hauptexpedition vorgesehen, Meßlinien auf dem Gletschereis mittels Farbe vom Flugzeug aus zu markieren und diese bei Beginn und Ende der Expedition mittels Luftbild aufzunehmen (Senkrechtaufnahmen). Leider konnte dieser Plan mit anderen vorgesehenen wie: Einsatz von Infrarot- und Farbaufnahmen auf kurze und weite Entfernung, photogrammetrische Aufnahme der von der Vorexpedition entdeckten „Oase“ durch Nah-(Senkrecht-)aufnahmen aus der Luft und andere nicht mehr zur Durchführung kommen. Die sehr reichen photogrammetrischen Erfahrungen, Leistungen und Erkenntnisse der Vorexpedition hätten die weitere Eisforschung sehr gefördert. Hoffentlich bietet sich deutschen Photogrammetern einmal die Möglichkeit, diese friedliche Arbeit fortzusetzen.

In den leicht betretbaren Gebieten wie den Gletschergebieten der Hochgebirge wird aber nach wie vor die terrestrische Photogrammetrie für die Gletschermessung eingesetzt, die aber nicht nur — und das ist ihr hauptsächlichster Vorteil gegenüber der klassischen Methode — einzelne Profilinien und davon

*) Finsterwalder, S.: „Der Vernagtferner“, Graz 1897.

***) Bericht der Deutschen Antarktischen Expedition 1938/39.

wiederm nur einzelne Punkte bestimmt, sondern den Gletscher in seiner gesamten Ausdehnung von der Firnlinie bis zur Zunge mit allen Einzelheiten der Oberfläche und der Uferverhältnisse aufnehmen und beobachten kann. Wichtig ist, daß diese Aufnahme des ganzen Gletschers praktisch zu einem gleichen Zeitpunkt erfolgt. Der örtliche photogrammetrische Meßvorgang besteht ja nur aus der Herstellung der photogrammetrischen Aufnahme. Diese ganzflächigen Wiederholungsmessungen werden seit längerer Zeit auch von anderen Objekten wie größeren Wildbachgebieten, Steinströmen usw. hergestellt. Als Norm für die terrestrische Photogrammetrie läßt sich angeben, daß von einer Fläche (Gletscher, Wildbach usw.) von ungefähr 500 m mal 5 km die geschlossenen Wiederholungsaufnahmen an einem Arbeitstag hergestellt werden können. In dieser Zeit ist natürlich der An- und Abmarsch nicht enthalten. Es ist also möglich, bedeutende Gletscherflächen in wenigen Stunden aufzunehmen. Diese Wiederholungsaufnahmen liefern für alle Arbeiten der Gletscherforschung Unterlagen, wie sie besser nie erreicht werden können. Nicht nur die Gesamtbewegung wird daraus gemessen, sondern auch die unregelmäßigen Bewegungen sowohl in Richtung der Strömung als auch senkrecht dazu. Die Spaltenbildung, ihr Verlauf und ihre Änderungen ergeben sich einwandfrei aus den Meßaufnahmen. Ebenso können die jahreszeitlichen Schwankungen in der Bewegung und im Eisstand daraus ermittelt werden.

Im Laufe der Zeit hat sich folgende Arbeitstechnik für derartige Messungen als zweckmäßig ergeben:

Wo es darauf ankommt, nur die Geschwindigkeit des Gletschers zu bestimmen, wendet man die Photogrammetrie nach Art der Alignementsbeobachtung an; d. h. von einem geeigneten Punkt des Ufers, welcher standsicher zu vermarken ist und natürlich einen guten Überblick über den Gletscher gestattet, wird eine photographische Aufnahme (Meßaufnahme) senkrecht zur Achse des Gletschers bzw. Steinstromes gemacht. Dabei wird die Aufnahmerichtung mit Hilfe des Fernrohrs auf einen vermarkten Festpunkt des gegenüberliegenden Ufers eingedreht. Eine entsprechende Anzahl von Meßpunkten wird vorher auf dem Eise durch Auftragen von Steinen markiert. Diese bilden sich in der Aufnahme mit ab. Nach beliebiger Zeit lassen sich diese Aufnahmen wiederholen. Die Ausmessung der Aufnahmen ergibt wie bei der klassischen Alignementsbeobachtung die Verschiebung des Eises in der Zeit zwischen den Aufnahmen. Diese Verschiebungen werden aber bei diesem Verfahren nur in einer Richtung gemessen und zwar quer zur Aufnahmerichtung. Dieses Verfahren ist das einfachste der Photogrammetrie. Es liefert dafür aber auch das geringste Ergebnis. Setzt man für den Phototheodoliten eine automatische Aufnahmekammer ein, z. B. nach Art des Durchbiegungs-Registrierapparates Kulka-Zeiß und läßt diesen eine bestimmte Zeit (24 Stunden) arbeiten, so ergibt das auf Grund der laufenden Aufschreibung ein einwandfreies Bild des Bewegungsverlaufs innerhalb dieser Zeit. Dieser Apparat arbeitet nach einem besonderen Verfahren und zeichnet die Bewegung als Kurve auf das Filmband auf. Es können gleichzeitig mehrere Punkte unabhängig vom Tageslicht gemessen werden.

Ein weiteres Verfahren der terrestrischen Photogrammetrie, das für die Gletschermessung in Frage kommt, ist die Raumbildmessung. Nach Art der trigonometrischen Messung (Vorwärtseinschneiden) werden von zwei Standpunkten aus beliebige Punkte eingemessen. Die Standpunkte werden unveränderlich markiert und ihre Verbindung (Standlinien) gemessen. Diese Aufnahmen gestatten das Ausmessen von Längs- und Querprofilen und die Kartierung des ganzen Objekts mit allen seinen Einzelheiten zusätzlich der Höhenschichtlinien. Durch Wiederholung der Aufnahmen erhält man Vergleichsmaterial vom ganzen Objekt und nicht nur von einzelnen Linien. Für alle Wiederholungsaufnahmen wird ein Zeitplan aufgestellt, der alle Wünsche der Forschung berücksichtigt.

Die Eisforschung bedient sich aber für ihre Arbeit außerdem der Stereo-Mikro-Photogrammetrie. Mit Hilfe dieses Verfahrens werden Mikro-Raumbilder (Meßaufnahmen) hergestellt, die sich wie jedes andere Stereogramm ausmessen lassen. Der Maßstab dieser Aufnahmen kann beliebig gewählt werden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die Photogrammetrie für alle Arbeiten der Eisforschung Verwendung finden kann. Von der kleinmaßstäblichen Luftaufnahme als Übersicht über größte Eisflächen bis zur Mikroaufnahme von der feinsten Struktur des Eises sind alle Aufnahmemmaßstäbe möglich. Eine Sammlung von Aufnahmen der verschiedenen Arten und dem Zweck entsprechend ermöglicht es, daß die Forschung unbehindert von klimatischen und örtlichen Schwierigkeiten in umfassender Weise durchgeführt werden kann. Wie an vielen Punkten der Erde, wo die Photogrammetrie bereits in großem Umfange eingesetzt worden ist, wird sie auch in Zukunft ein Hilfsmittel sein, auf das die Eisforschung nicht mehr verzichten kann.

Neues aus dem Leben der arktischen Fische.

Im Jahre 1946 waren 16 Schiffe des Forschungsinstitutes für die Fischerei-Industrie und Ozeanographie der UdSSR unterwegs, um das Leben der Fische zu studieren. Diese Arbeiten sind von größter volkswirtschaftlicher Bedeutung, weil sie erlauben, eine wesentliche Steigerung der Fänge zu erzielen. Auch die Methoden zur Auffindung und Untersuchung der Fische wurden wesentlich verbessert. So stehen dem genannten Institut, das rund 80 Zweigstellen und Stützpunkte an allen Meeren und Flüssen der UdSSR hat, Instrumente zur Bestimmung der Menge und Bewegungen der Fische auf eine Entfernung von Hunderten von Kilometern zur Verfügung. Ferner zieht ein anderes Instrument, das in eine Tiefe von 30 bis 40 m taucht, durch sein strahlendes Licht eine Unmasse von Fischen in die Netze. Recht gute Erfolge wurden auch bei der Verwendung von Luftschiffen und Flugzeugen für die Feststellung von Fischschwärmen erzielt. Hatte man erst vor kurzem z. B. erkannt, daß das Schwarze Meer einen nie geahnten Fischreichtum aufweist, — riesige Schwärme von Fischen wurden von Flugzeugen auf offenem Meere entdeckt — so glückte auch in der Arktis die Lösung eines Fischrätsels. Es war schon lange bekannt, daß der Hering von Murmansk 17 oder 18 Jahre lang lebt. In den Gewässern von Murmansk bleibt er aber nur bis zu einem Alter von 5—6 Jahren. Nach dieser Zeit wandert er zum Laichen nach den Lofoten, und von hier verliert sich seine weitere Spur. Im Sommer 1946 rüstete nun die Polarzweigstelle des oben genannten Forschungsinstitutes eine Expedition mit 2 Forschungsschiffen aus, um das Rätsel des Verschwindens der Murmansk-Heringe zu ergründen. Auf ihrer Fahrt nach Norden wurden ständig Probefänge gemacht, und im hohen Norden über dem 76 Grad N. Br. gelang der erste Fang von 20 Murmansk-Heringen. Nach einiger Zeit entdeckte die Expedition im Grönländischen Meere plötzlich riesige Fischschwärme, die in großer Tiefe schwammen. Nähere Untersuchungen zeigten, daß es sich um Schwärme großer und fetter Heringe einer unbekannteren Art handelte. Durch eingehende Untersuchungen wurde nun festgestellt, daß es sich bei diesen Heringen um den gleichen Murmansk-Hering handelte, der hier ein Alter von 15 Jahren erreichte. Der Fisch war wohlschmeckend und enthielt 22% Fett. Es gelang 170 kg dieses Herings in kurzer Zeit zu fangen. Als Grund für das weite Vordringen dieser Murmansk-Heringe nach Norden wurde bald gefunden, daß in den größeren Tiefen des Grönländischen Meeres die Lebensbedingungen für diese Fische weit günstiger sind, als man bisher annahm. Im Laufe seines Lebens kommt der Murmansk-Hering 8—9 mal in das Grönländische Meer, um sich von dessen reichen Planktongehalt zu ernähren. Bei jeder dieser Reisen legt er insgesamt 20 000 km zurück. Je weiter auf einer zweiten Fahrt die Expedition nach Norden vordrang, um so größer wurde die gefangene Heringsmenge. Weitere eingehende Untersuchungen zeitigten das Resultat, daß sich die Heimat der arktischen Heringe über ein Gebiet von Zehntausenden von Quadratkilometern erstreckt, wodurch neue und unbegrenzte Möglichkeiten der arktischen Fischerei erschlossen wurden.

R u t h e.