Bildmessung und Luftbildwesen

Beilage
zu
Heft 18 der Allgemeinen
Vermessungs-Nachrichten
vom 15. September 1940

Heft 2 XV September 1940

Verlag: Herbert Wichmann, Berlin-Grunewald

Bildmessung und Luftbildwesen

Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie e. V.

XV - 1940 - 2

Inhalt:

Bildmessung und Luftbildwesen erscheint viermal im Jahre.
Bezug durch die Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie e. V.
oder als Beilage der Allgemeinen Vermessungs-Nachrichten
(Verlag: Herbert Wichmann, Berlin-Grunewald)
Preis des Einzelheftes 2.50 RM.

Bildmessung und Luftbildwesen

Beilage

zu den Allgemeinen Vermessungs-Nachrichten

Schriftwalter: W. Geßner, Berlin SW 29, Flughafen

Verlag Herbert Wichmann, Berlin-Grunewald, Königsallee 21, Fernsprecher 97 1993

Aufsätze u. Fachberichte für das nächste Heft bitten wir bis zum 1. November 1940 an Dir. Geßner zu senden

15. Jahrgang	September 1940	Heft 2

Herstellung und Ergänzung topographischer Pläne und Karten mit dem Aeroprojektor Multiplex nach den Erfahrungen der Hansa Luftbild G. m. b. H.

Von Hans Richter, Berlin.

Für die Beurteilung und Begrenzung der Verwendungsmöglichkeit des Aeroprojektors Multiplex bei der Herstellung und Ergänzung topographischer Pläne und Karten ist es notwendig, die Forderungen, die bei solchen Arbeiten allgemein gestellt werden, zu betrachten. Hält man die Zahlen der Leistungsfähigkeit des Mulitiplex daneben, so bekommt man das gewünschte Bild. Voraussetzung für die Abgabe eines Werturteils ist deshalb die Kenntnis der kartographischen und vermessungstechnischen Forderungen an die zu bearbeitenden Karten- bzw. Planwerke und eine reiche Erfahrung mit dem Multiplex, die in praktischer Arbeit gesammelt wurde. Es genügt nicht ein allgemeines Wissen von dem Kartenwerk und dem Multiplex, sondern ein abschließendes Urteil kann nur nach tatsächlich ausreichenden praktischen Erfahrungen gefällt werden. Diese Feststellung ist notwendig, weil man gerade in bezug auf den Multiplex widersprechende Urteile zu hören bekommt. Im Frühjahr 1934 wurde bei der Hansa Luftbild (Berlin) das erste Gerät eingesetzt und im Laufe des ersten Jahres intensiv für die verschiedensten Arbeiten geprüft. Die Erfahrungen dieser Versuchszeit führten zu Verbesserungen unserer Arbeitsverfahren und zu weiteren Versuchs- und Prüfungsarbeiten. Mit dem Jahre 1937 konnte dieser Versuchsabschnitt bei uns als abgeschlossen gelten und von diesem Zeitpunkt an war es möglich, ein klares Bild über die Verwendungsmöglichkeit und -begrenzung zu geben. Die Ergebnisse der Versuche in den ersten zwei bis drei Jahren führten zu dem verstärkten Einsatz einer größeren Zahl von Geräten.

In Deutschland ist deshalb die Verwendung des Aeroprojektors Multiplex heute für die Bearbeitung der vorliegenden großen Aufgaben nicht nur möglich, sondern er ist auch nicht mehr durch andere Hilfsmittel zu ersetzen.

Allgemeines über den Einsatz.

Der Aeroprojektor Multiplex ist ein Stereomeßgerät und bildet mit dem Stereoplanigraphen die heute in der ganzen Welt am meisten benutzte Gruppe der photogrammetrischen Ausmeßgeräte. Auf das Verhältnis der beiden Geräte zueinander und die Abgrenzung ihrer Anwendungsgebiete soll kurz hingewiesen werden, weil es für die Beurteilung des Multiplex zweckmäßig ist. Der Stereoplanigraph, das Universalausmeßgerät, ermöglicht es, viele terrestrische Messungen, wie Kataster- und topographische Messungen

(abgesehen von den hochwertigen Lage- und Höhen-Festpunktbestimmungen in den Kulturländern) mit der erforderlichen Genauigkeit durch Luftbildmessung zu ersetzen. In neu zu erschließenden Ländern wird er bereits in weitem Umfange auch für die Triangulation eingesetzt.

Für alle diese Arbeiten gelten verschiedene Genauigkeitsgrenzen. Man kann also danach unterscheiden zwischen Aufgabengebieten mit sehr engen Fehlergrenzen (wie Triangulation, Katastermessungen und großmaßstäbliche topographische Messungen) und solchen weiterer Fehlergrenzen (wie z. B. mittel- und kleinmaßstäbliche topographische Messungen). In der Erkenntnis der großen Leistungsfähigkeit des Stereoplanigraphen mußte man zwangsläufig zu der Überlegung kommen, den wertvollen Stereoplanigraphen von den Arbeiten der zweiten Gruppe möglichst weitgehend zu entlasten, zumal ausreichende Arbeiten der ersten Gruppe vorliegen. Das Ergebnis dieser Überlegungen trug mit zur Schaffung des Aeroprojektors Multiplex durch die Firma Zeiß-Aerotopograph (Jena) bei.

Die Erfahrung der letzten Jahre hat nun gezeigt, daß diese Überlegungen richtig waren, und daß der Multiplex zu einem notwendigen Bestandteil der Luftbildmessung geworden ist.

Wie bereits erwähnt, gehört auch die Kenntnis von den Forderungen, die an das zur Bearbeitung stehende Kartenwerk gestellt werden, nicht nur in bezug auf Genauigkeit der Lage und Höhe, sondern auch auf den Karteninhalt, zur Aufstellung des Arbeitsplanes. Für diese Betrachtung werden nachstehend die Kartenwerke 1 : 5000, 1 : 25 000 und 1 : 50 000 als Beispiele herangezogen.

Die Forderungen, die an diese Kartenwerke gestellt werden, kommen aus dem Benutzerkreis. Sie sind in den Zeichenvorschriften und Arbeitsanweisungen niedergelegt. Danach ist auch für die Bearbeitung dieser Kartenwerke am Multiplex kurz zusammengefaßt folgendes grundlegend, wobei zu berücksichtigen ist, daß für die Karten 1 : 25 000 und 1 : 50 000 keine klaren zahlenmäßigen Genauigkeitsforderungen festliegen:

1. Die Karte 1 : 5000 soll alle Grundrißdarstellungen möglichst maßtreu wiedergeben. Nur wenige Einzelheiten, für deren Darstellung der Maßstab der Karte zu klein ist, werden entweder vergrößert oder durch bestimmte Kartenzeichen zur Abbildung gebracht. Die Geländeform wird durch 1-m-Höhenlinien dargestellt, die eine exakte Formwiedergabe bringen sollen. Eine Generalisierung scheidet deshalb bei der Herstellung der Karte 1 : 5000 aus. Die mittleren Fehler betragen nach den Vorschriften:

für den Grundriß im offenen Gelände	$\pm$ 3,00 m,
für den Grundriß im Wald	$\pm$ 7,00 m,
für Höhenpunkte, die im Gelände sicher auffindbar sind	$\pm$ 0,30 m,
für Höhenlinien,	$\pm$ $(0{,}40 + 5 \operatorname{tg} \alpha)$ m,
(für Höhenlinien, Fehlergrenze	$\pm$ $(1{,}00 + 15 \operatorname{tg} \alpha)$ m).

2. Die Karte 1 : 25 000 geht wegen des kleinen Maßstabs für die meisten Einzelheiten des Grundrisses von einer maßtreuen Wiedergabe ab und bringt für diese Dinge Kartenzeichen. So sind bei Eisenbahn, Straßen und Wegen wohl die Achsen richtig kartiert, doch ist zur klaren Unterscheidung der Klassen eine entsprechende verbreiterte Darstellung notwendig, die auch eine Verlagerung der unmittelbar daran anschließenden Objekte erforderlich macht. Die Darstellung der Geländeform erfolgt durch Höhenlinien mit einem Höhenabstand von 20 m, die in 10-, 5-, 2,5- und 1,25-m-Linien im Bedarfsfalle unterteilt werden. In diesem kleinen Maßstab mußte bisher die Geländeform doch schon generalisiert werden, da es allgemein nicht mehr möglich war, alle Feinheiten der Form zur Darstellung zu bringen. Die Fehlergrenzen für das Kartenwerk 1 : 25 000

anzugeben, ist schwieriger als bei 1 : 5000, da die Werte hierfür nicht durch Zahlen festgelegt sind[1].

Für eine grundlegende Betrachtung des Multiplex können hier deshalb nur die bekannten Prüfungen von Karten 1 : 25 000, soweit sie mit dem Meßtisch aufgenommen worden sind, herangezogen werden. Eine gute übersichtliche Zusammenstellung der Ergebnisse aller bekannten Untersuchungen bis zum Jahre 1915 gibt Egerer[2]. Nach dieser Zeit sind wohl weitere Untersuchungen auch über die Genauigkeit des Grundrisses durchgeführt worden, aber auch diese Untersuchungen haben nicht dazu geführt, daß die Wissenschaft, oder die mit der Durchführung und Überwachung der Arbeiten betrauten Behörden die Fehlergrenzen zahlenmäßig festgestellt haben. Das erschwert natürlich die Beurteilung, ob der Multiplex in der Lage ist, eine Karte 1 : 25 000 zu zeichnen, die einem Vergleich mit den Meßtischblättern standhalten kann. Es ist deshalb notwendig, aus den bekannten Prüfungsergebnissn den ungefähren Wert zu ermitteln, der bei dem heutigen Stand der Meßtischaufnahme normalerweise eingehalten werden kann, wobei man berücksichtigen muß, daß die Prüfungen eine Steigerung der Genauigkeit im Laufe der bisherigen Aufnahmezeit der Karte 1 : 25 000 ergeben haben. Prof. Dr.-Ing. Merkel gab 1939 auf einer Tagung in Wiesbaden Formeln bekannt, die mit als Richtlinien für die nachstehenden Fesstellungen gedient haben[3]. Somit können heute als ungefähre Fehlergrenzen angenommen werden:

für alle Punkte des Grundrisses als Durchschnitt für offenes und Waldgelände ein mittl. Fehler von $\pm$ 12 m, für die Geländeform (Höhenlinie) ein mittl. Fehler von $\pm$ $(0{,}6 + 12 \operatorname{tg} \alpha)$ m.

3. Für die Karte 1 : 50 000 gilt für den Karteninhalt das gleiche wie für 25 000. Lediglich ist hier die Vereinfachung noch weiter zu treiben. Auch für dieses Kartenwerk sind an sich keine Fehlergrenzen festgelegt, so daß auch hier ein Nachweis der Multiplex-

---

[1] Die Anweisung sagt darüber: „Vorschrift für die Topographische Abteilung des Reichsamtes für Landesaufnahme" Heft 1, Seite 111: Anforderung an die Aufnahme. Die Aufnahme muß in erster Linie sorgfältig und zuverlässig sein. Im allgemeinen gestattet der Maßstab 1 : 25 000, alles richtig darzustellen. Häufen sich Bodenbedeckungen und kleine Bodenformen allzusehr, so muß eine sachgemäße Vereinfachung eintreten, um die Zeichnung klar und lesbar zu erhalten. Wie dies zu geschehen hat, läßt sich nur in jedem Einzelfall beurteilen und muß der Würdigung des Topographen überlassen bleiben. Das Wichtigere muß jedenfalls zum Ausdruck kommen. Bei sehr zahlreichen, eng zusammenliegenden Steilfällen, hohen steil geböschten, namentlich felsigen Berghängen, die selbst bei erheblicher Ausdehnung in der Projektion nur sehr schmal erscheinen, u. dgl. kann eine Verschiebung der Lage einzelner Linien und Gegenstände unvermeidlich werden. Über das durchaus Notwendige darf hierbei niemals hinausgegangen werden, auch muß der Topograph über die Gründe seines Verfahrens Rechenschaft geben können. Im übrigen entspricht die Aufnahme den zu stellenden Anforderungen, wenn bei Aufstellung des Meßtisches auf einem beliebigen Punkte die nach sichtbaren Gegenständen gezogenen Richtungslinien deren bildliche Darstellung treffen, und wenn bei Berechnung der Höhe beliebiger Punkte die erhaltenen Ergebnisse mit der Lage der Höhenlinien übereinstimmen. Die in letzterer Beziehung zulässigen Abweichungen dürfen das durch die angewendete Schichtstufe gegebene Maß nicht überschreiten. Fälle, in denen aus irgendwelchen Gründen eine Verschiebung einzelner Gegenstände eingetreten ist, bleiben natürlich unberührt.

[2] „Untersuchungen über die Genauigkeit der topographischen Landesaufnahme (Höhenaufnahme) von Württemberg", Stuttgart 1915.

[3] Prof. Dr.-Ing. Merkel: „Unter Berücksichtigung der erwähnten Fehlerquellen wird man die Genauigkeit der Kartenhöhen in den Meßtischblättern als sehr gut bezeichnen müssen, wenn etwa der mittlere Fehler

$$m_h = \pm (0{,}6 + 8 \operatorname{tg} \alpha)\ \mathrm{m}$$

beträgt."

„... Allgemein wird man eine topographische Karte 1 : 25 000 hinsichtlich der Höhendarstellung noch als genügend und brauchbar betrachten können, wenn

$$m_h = \pm (0{,}8 + 12 \operatorname{tg} \alpha)\ \mathrm{m}$$

nicht wesentlich überschritten wird."

leistung nicht ohne weiteres möglich ist. Wenn aber der Multiplex für die Herstellung der Karte 1 : 25 000 eingesetzt werden kann, so trifft das auf Grund der günstigeren Verhältnisse erst recht für die Karte 1 : 50 000 zu. Es kann deshalb hier von einer Betrachtung der Fehlergrenzen des Kartenwerks abgesehen werden.

Eine allgemeine Bemerkung zu den Höhenfehlern ist noch wichtig. Alle Formeln für die Fehlergrenzen der Höhenlinien berücksichtigen die Geländeneigung, d. h. auf Grund der mit den terrestrischen Methoden gemachten Erfahrungen steigern sich mit Zunahme der Geländeneigung auch die Ungenauigkeiten. Wie sich in den späteren Abschnitten zeigen wird, trifft das für die Luftbildmessung nicht zu, hier ist der Fehler immer annähernd gleich.

Ebenso wie die Fehlergrenzen für die Beurteilung der Leistungsfähigkeit des Multiplex grundlegend sind, ist auch eine kurze Erläuterung der Meßtischtachymetrie zur Klarlegung der Vorteile und evtl. vorhandenen Nachteile des Multiplexeinsatzes notwendig. Der hervorstechendste Unterschied zwischen den beiden Arbeitsverfahren ist der, daß die Meßtischtachymetrie die gesamte Kartierungsarbeit in das Gelände verlegt, dafür je nach den Verhältnissen im Gelände eine entsprechende Organisation erfordert — vom einfachen Meßtrupp bis zur Expedition — und für ihre Arbeit selbst auf ein ausreichend dichtes Festpunktnetz angewiesen ist. Dazu kommt, daß ihr Arbeitstempo vom Klima, Wetter und von den Geländeschwierigkeiten stark beeinflußt wird. Aber nicht nur rein zeitlich ist diese Beeinflussung spürbar, sondern schlechtes Wetter, unangenehmes Klima und schweres Gelände bringen für die Meßtrupps Strapazen, die wiederum als unvermeidbare Folge ein Nachlassen der Sorgfalt und somit ein Absinken der Genauigkeit mit sich bringen. Demgegenüber ist die gesamte Kartierungsarbeit bei Einsatz der Luftbildmessung, in diesem Fall des Multiplex, in den Zeichenraum verlegt. Nur die Luftaufnahme und eine verhältnismäßig geringe Feldarbeit für die Bestimmung der Rahmenpunkte zur Durchführung der Aerotriangulation finden draußen statt. Die Gleichmäßigkeit der Arbeitsverhältnisse und eine laufend leicht durchzuführende Kontrolle der Meßtätigkeit macht die Arbeit selbst angenehm und gibt die Sicherheit für ein in allen Teilen gutes Ergebnis.

Das Verfahren der Meßtischtachymetrie beruht bekanntlich darauf, daß der Topograph im Gelände sich entweder auf bekannten Punkten aufstellt oder seinen Standort selbst bestimmt. Von hier aus muß er nun so viele Geländepunkte wie möglich anschneiden und auf den Meßtisch auftragen. Er erhält also ein Punktgerippe, das je nach Zahl der Messungen und nach Geländecharakter verschieden dicht ist. Sind im Gelände viel Situationseinzelheiten enthalten und zeigt das Gelände viele Kleinformen, so muß er entsprechend mehr Punkte bestimmen als in einem einfachen Gelände. Nach der Aufnahme kommt das Krokieren. Er muß jetzt in sein Punktnetz hinein die Linien des Grundrisses und die Höhenlinien eintragen. Dazu soll sich der Topograph mit seinem Meßtisch auf jeden einzelnen von ihm eingemessenen Punkt begeben und dort die Eintragungen vornehmen. Es ist einleuchtend, daß also die Zahl der gemessenen Punkte und die Geschicklichkeit des Topographen im Erkennen der wichtigsten Geländepunkte und im Krokieren den Wert der Karte bestimmen. Behinderung durch hohes Getreide, Büsche, Baumkulissen und kleinförmige Geländeform erschweren oft das Anschneiden der wichtigsten Geländepunkte und besonders das Krokieren und machen eine bedeutende Vermehrung der Standpunkte notwendig. So sind z. B. weite Gebiete Norddeutschlands, die eigentlich nicht zu den schwierigen Geländeklassen gehören, durch dichte Buschkulissen (Knicks) u. a. für die Meßtischtachymetrie äußerst ungünstig. Die Hauptursache für die meisten dieser Schwierigkeiten liegt darin, daß der Topograph das Gelände von einem praktisch unerhöhten Standpunkt, also in horizontaler Ansicht, betrachtet, also aus einer ganz anderen Perspektive, als er das Gelände auf seinem Meßtisch darstellen muß. Es ist klar, daß dadurch beim Krokieren sehr leicht Täuschungen entstehen können. Dagegen erfolgt die

Messung mit dem Multiplex in senkrechter Ansicht des Geländes, und, was ebenso wichtig für eine richtige Darstellung aller Einzelheiten ist, nicht nur durch Einmessungen von Einzelpunkten und anschließender Einkrokierung des eigentlichen Karteninhaltes, sondern durch kontinuierliches Führen der Meßmarke am Gelände. Alle Linien, ob Grundriß oder Geländeform, werden mit allen ihren Feinheiten abgefahren und mit Hilfe des Gerätes kartiert. Diese Eigenarten der Luftbildmessung haben an ihren bedeutenden Erfolgen hohen Anteil. Gerade der Multiplex kann diese Vorteile, gegenüber der flachen horizontalen Sicht vom Meßtischstandpunkt aus, am besten vor Augen führen. Mit Hilfe des Anaglyphenverfahrens zeigt er uns das Gelände mit allen seinen kleinen Formen und Objekten, ohne daß Bäume, Büsche oder dergleichen die Sicht und das Messen behindern können.

Die allgemeine Betrachtung über den Einsatz des Multiplex soll nicht abgeschlossen werden, ohne etwas über seine innere Genauigkeit gesagt zu haben. Also über die Möglichkeit, ein Modell praktisch verzerrungsfrei orientieren zu können. In einer längeren Reihe von Untersuchungen während der letzten Jahre wurde die volle Brauchbarkeit des Multiplex für die topographische Kartierung geprüft und in vielen daran anschließenden praktischen Arbeiten bewiesen. Dabei wurde auch festgestellt, wie die innere Genauigkeit des Gerätes zu bewerten ist. Ohne auf eine zahlenmäßige Darlegung einzugehen, läßt sich zusammenfassend sagen, daß das Modell sich tatsächlich praktisch verzerrungsfrei herstellen läßt, daß aber verschiedene Einflüsse, wie schlechte Bildqualität der Diapositive u. a. eine Erschwerung der gegenseitigen Orientierung herbeiführen und die Meßgenauigkeit vermindern können. Die Ausschaltung dieser Einflüsse ist mitbestimmend gewesen für die Einführung eines besonderen Ausmeßmaßstabes, der größer ist als der Kartenmaßstab.

Zum Abschluß der allgemeinen Betrachtungen sei noch erwähnt, daß bei der Herstellung der Luftaufnahmen darauf zu achten ist, daß die Überdeckung der Aufnahmen bei ungefähr 60—65 % liegen muß. Eine geringere Überdeckung bringt einen zu schmalen stereoskopischen Anschlußstreifen, der evtl. Randverzerrungen enthält, und bei größeren Überdeckungen, mehr als 65 %, besteht wegen der kleineren Basis die Gefahr, daß die Einpassung der Aufnahmen bei den für einen gewünschten Ausmeßmaßstab erforderlichen Basiseinstellungen nicht mehr möglich ist.

Die Hauptmerkmale und Vorteile des Multiplex liegen in der gleichzeitigen Projektion von mehr als zwei Luftaufnahmen eines Flugstreifens zu einem zusammenhängenden Modell. Die Zahl der zu einem solchen Gesamtmodell verwendbaren Aufnahmen ist abhängig von der verfügbaren Projektorenzahl und von dem Träger, der in verschiedenen Längen gebaut wird. Je nach dem Bildwinkel der auszuwertenden Luftbilder werden an diesen Trägern Normal- oder Weitwinkelprojektoren aufgereiht. Einzelheiten des Gerätes zeigen die ausführlichen Beschreibungen der Firma Zeiß-Aerotopograph.

Das Gerät ist nicht an einen festen Standort gebunden. Die Zeit, die notwendig ist, um das Gerät auszupacken und betriebsfertig zu machen, ist kürzer als eine halbe Stunde. Eine Justierung ist nicht erforderlich. Für die Aufstellung und als Arbeitsfläche ist, je nach Länge des Trägers, eine entsprechend große und feste, ebene Tischplatte erforderlich. Für die Normalausrüstung muß der Tisch eine Mindestgröße von 80×200 cm haben. Als Zeichenfläche hat sich bei Hansa Luftbild eine Spiegelglasscheibe als zweckmäßig ergeben, die für den Normalmultiplex 80×140×0,7 cm groß ist. Für den Weitwinkelmultiplex muß sie eine Breite von 100 cm haben. Die Glasplatte muß genau geebnet werden, um die Wirkungen der immer vorhandenen kleinen Unebenheiten der Tischplatte auszuschalten. Das geschieht mit Stellschrauben, die mitgeliefert und in die Tischfläche eingebaut werden. Dem einzelnen Betrieb bleibt es überlassen, insbesondere wenn sich der Standort des Multiplex oft ändert, sich eine transportable Zeichenplatte anzufertigen, die auch die Glasplatte ersetzt.

Die Art der Projektion macht die Aufstellung in einem verdunkelten Raum notwendig. Es braucht nicht eine ausgesprochene Dunkelkammer zu sein, dagegen hat sich als zweckmäßig ein halbdunkler Raum mit regulierbarer indirekter Raumbeleuchtung, möglichst ohne Verwendung von künstlichem Licht, herausgestellt. Das Ideale ist bei Verwendung von mehreren Geräten in einem Raum die Aufstellung in Einzelboxen. Eine solche Aufstellung vermeidet eine gegenseitige Störung, denn die Photogrammeter müssen die Möglichkeit haben, nach Belieben eine Handlampe einschalten zu können, ohne das Messen an den anderen Geräten im gleichen Raum zu stören. Der Raumbedarf für einen Multiplex ist in der Abb. 1 dargestellt.

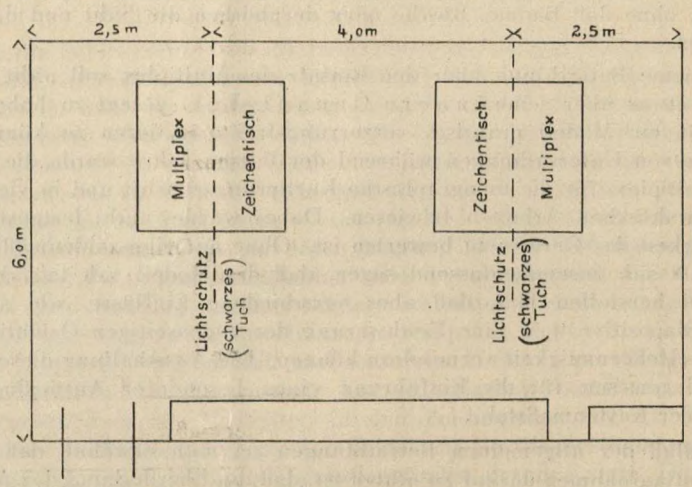


Abb. 1. Erforderlicher Raum für 2 Multiplexe mit doppeltem Zeichentisch für den Anschluß je eines Pantographen.

Die Auswerter müssen beim Multiplex, wie bei allen anderen Arbeiten der Photogrammetrie, über ausreichende vermessungstechnische und photogrammetrische Ausbildung verfügen. Ein Abweichen von dieser Voraussetzung führt im allgemeinen zu Fehlschlägen und Fehlurteilen. Im anderen Fall muß je nach Eignung und Vorbildung eine längere Ausbildungszeit im Betrieb vorausgehen. Für Vermessungsingenieure und Vermessungstechniker rechnet man für die photogrammetrische Ausbildung am Multiplex im praktischen Betrieb ungefähr zwei Monate. Wo die vermessungstechnischen Kenntnisse fehlen oder nicht ausreichen, verlängert sich diese Zeit entsprechend. Auf jeden Fall verlangt das Arbeiten am Multiplex von den Bearbeitern, wie bei jedem anderen Messen, größte Sorgfalt. Für die Ausbildung am Gerät wird der Auszubildende nach einer kurzen Einweisung in die allgemeinen Begriffe der Luftbildmessung — es genügen im allgemeinen zwei Wochen — als Assistent an den Multiplex gesetzt. Steht ein Stereoplanigraph zur Verfügung, so soll diese Einweisung möglichst an diesem Gerät erfolgen. Am Multiplex geht die Ausbildung in drei Abschnitten vor sich, zuerst gegenseitige Orientierung, dann absolute Orientierung und zum Schluß das Ausmessen selbst. Der Abschluß eines jeden Ausbildungsabschnittes ist immer der Nachweis der einwandfreien Beherrschung der betr. Arbeit, denn z. B. ohne parallaxenfreie gegenseitige Orientierung ist keine fehlerlose absolute Orientierung möglich. Ebenso ist es bei den anderen Abschnitten. Je nach Auffassung des Betreffenden sind für diese photogramm. Ausbildungen, wie bereits oben erwähnt, ungefähr zwei Monate erforderlich. Eine längere Ausbildungszeit als drei Monate läßt darauf schließen, daß der Auszubildende Sehfehler besitzt. Ist eine ausreichende vermessungstechnische Ausbildung vorhanden, so kann also nach ein bis drei Monaten der Mann als Auswerter eingesetzt werden. Natürlich ist noch in den ersten Monaten eine laufende Kontrolle aller

Arbeitsgänge notwendig. Besonders einige typische Anfängerfehler werden sich immer wieder bemerkbar machen, die der Ausbilder natürlich kennt und denen er seine besondere Aufmerksamkeit widmen muß. Die Fehler, die sich am meisten wiederholen, sind in den einzelnen Abschnitten besonders angegeben. Zur Vermeidung dieser Anfängerfehler ist den Auszubildenden die auch für Arbeiten mit dem Multiplex geltende Grundregel, daß von Anfang an größte Sorgfalt bei allen Einzelarbeiten zu beachten ist, zur Pflicht zu machen. Gerade weil die Arbeit im verdunkelten Raum erfolgt, gilt diese Regel besonders. Wird sie befolgt, so werden auch die Anfängerfehler schnell verschwinden.

Bei der Vorbereitung und Planung von Arbeiten, die später mit dem Multiplex durchgeführt werden sollen, sind Überlegungen über das Verhältnis zwischen dem Aufnahmemaßstab, dem Auswertemaßstab und dem Kartenmaßstab notwendig. Für den Auswertemaßstab im Multiplex ist zunächst die Projektionsweite des Instrumentes, d. h. der Abstand der Ebene bester Bildschärfe vom Objektiv bestimmend. Auf diese Entfernung (die durch den Tiefenschärfenbereich des Multiplex bis zu 10 cm nach jeder Seite veränderlich ist) muß ja die Aufnahmeflughöhe über Gelände reduziert werden. Die mittlere Projektionsweite beträgt für Normalprojektoren und für Weitwinkelprojektoren 36 cm. Daraus ergibt sich als Verhältnis zwischen Aufnahme- und Ausmeßmaßstab für Normalprojektoren etwa 2 : 1, für Weitwinkelprojektoren bei Originalaufnahmen $f = 10$ cm etwa 4 : 1 bis 3 : 1 und bei $f = 20$ cm etwa 2 : 1. Hieraus ergibt sich nachstehende Tabelle der Maßstäbe:

Brennweite 21 cm, Format 18/18 cm

Kartenmaßstab[4]	Ausmeß- bzw. Triang.-Maßstab	Aufnahmemaßstab
1 : 2500 Grundriß	1 : 2 000	1 : 4 000
1 : 5000	1 : 3 000	1 : 6 000
1 : 5000 Grundriß	1 : 4 000	1 : 8 000
1 : 5000 Grundriß	1 : 5 000	1 : 10 000
1 : 10000	1 : 5 000	1 : 10 000
1 : 10000	1 : 7 500	1 : 15 000
1 : 10000 Grundriß	1 : 10 000	1 : 20 000
1 : 25000	1 : 7 500	1 : 15 000
	1 : 10 000	1 : 20 000
	1 : 12 000	1 : 25 000
1 : 50000	1 : 12 500	1 : 25 000
	1 : 15 000	1 : 30 000
	1 : 20 000	1 : 40 000
	1 : 25 000	1 : 50 000

Brennweite 10 cm (Weitwinkel), Format 18/18 cm

Kartenmaßstab[4]	Ausmeß- bzw. Triang.-Maßstab	Aufnahmemaßstab
1 : 10000	1 : 5 000	1 : 15 000
1 : 10000 Grundriß	1 : 7 500	1 : 22 000
1 : 25000	1 : 7 500	1 : 22 000
	1 : 10 000	1 : 30 000
	1 : 12 500	1 : 38 000
1 : 50000	1 : 12 500	1 : 38 000
	1 : 15 000	1 : 45 000

Brennweite 20 cm (Weitwinkel), Format 30/30 cm

Kartenmaßstab[4]	Ausmeß- bzw. Triang.-Maßstab	Aufnahmemaßstab
1 : 10000	1 : 5 000	1 : 10 000
1 : 10000 Grundriß	1 : 7 500	1 : 15 000
1 : 25000	1 : 7 500	1 : 15 000
	1 : 10 000	1 : 20 000
	1 : 12 500	1 : 25 000
1 : 50 000	1 : 12 500	1 : 25 000
	1 : 15 000	1 : 30 000
	1 : 20 000	1 : 40 000

Bereits während der Versuchszeit hat sich ergeben, daß die Ausmessungen bzw. Triangulationen nicht unmittelbar im gewünschten Karten- bzw. Planmaßstab vorgenommen werden dürfen. Das ergibt sich auch aus den vorstehenden Tabellen, wo zwischen „Karten"- und „Aufnahmemaßstab" noch der „Ausmeß- bzw. Triangulationsmaßstab" er-

[4] Wo unter Kartenmaßstab das Wort „Grundriß" mit aufgenommen worden ist, reicht der dahinter angegebene Aufnahme- und Ausmeßmaßstab für eine Höhenausmessung am Multiplex nicht mehr aus.

scheint. Danach erfolgt die Ausmessung immer in einem größeren Maßstab. Der Grund für die Einschaltung eines besonderen Arbeitsmaßstabes liegt darin, daß die Zeichnung unmittelbar unter dem Meßtischchen entsteht, wobei mit freier Hand gezeichnet und mit unbewaffnetem Auge beobachtet wird. Ferner kann der Stift des Meßtischchens nicht so fein aufgesetzt und gefahren werden, daß — was besonders bei kleinmaßstäblichen Ausmessungen in Frage kommt — eine zarte und gute Zeichnung entsteht. Ein anderer wesentlicher Grund liegt in der Steigerung der Meßgenauigkeit, insbesondere bei der Ausmessung der Höhen. Wie beim Stereoplanigraph wird also auch am Multiplex, um die größte Meßgenauigkeit und Sicherheit zu erhalten, in einem größeren Maßstab gemessen. Dieser Ausmeßmaßstab

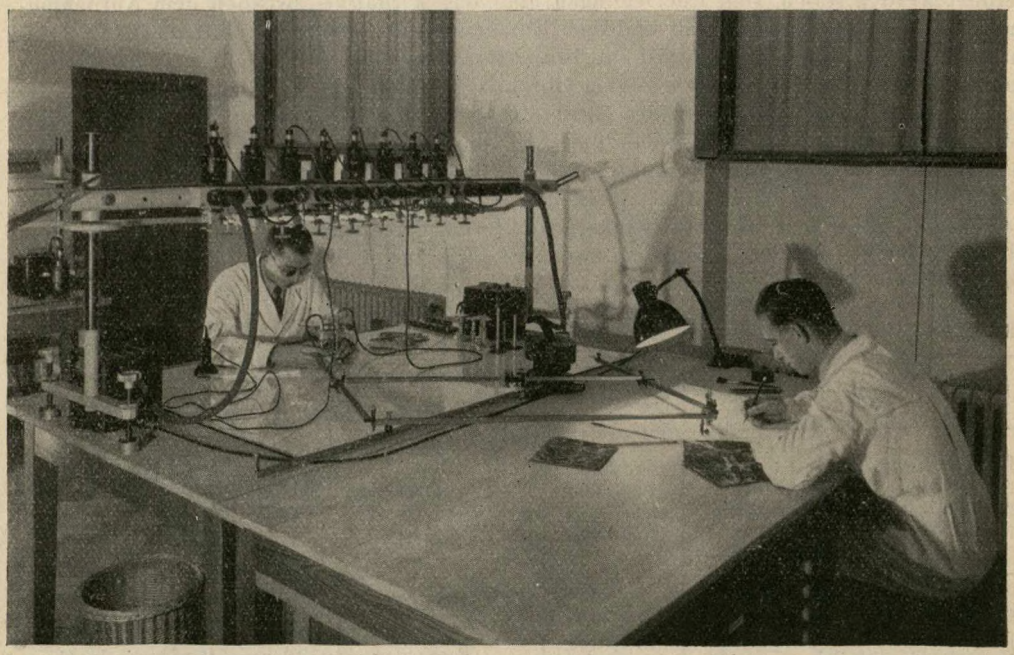


Abb. 2. Multiplex mit angeschlossenem Pantographen in Betrieb.
Um den Zusammenhang zeigen zu können, ist hier bei der Aufnahme der Lichtschutz weggelassen worden.

ist abhängig von der Abstimmung der zulässigen Fehlerwerte des zur Bearbeitung stehenden Karten- bzw. Planwerkes auf die in den einzelnen Maßstäben erreichbaren Meßgenauigkeiten. Während die Fehlergrenzen des Kartenwerkes festliegen, ist die erreichbare Meßgenauigkeit ein Ergebnis der Leistung des Gerätes, der Qualität der Diapositive und der persönlichen Erfahrung und Sorgfalt des Ausmessenden. Auch die Leistung des Gerätes an sich ist wohl feststehend, aber Diapositive und Ausmessende können ganz verschiedene Fehler in die Messung hineinbringen, und diese würden sich störend bemerkbar machen, wenn man statt des größeren Ausmeßmaßstabes direkt im gewünschten Kartenmaßstab messen würde. Wenn trotzdem in der vorstehenden Tabelle in zwei Fällen Ausmeßmaßstab gleich Kartenmaßstab gesetzt worden ist, so bezieht sich das nur auf die Ausmessung vom Grundriß in ebenem und offenem Gelände, also ohne Höhenausmessung.

Die Übertragung der Ausmessung vom Ausmeßmaßstab in den Kartenmaßstab geschieht bei Hansa Luftbild mit dem Pantographen, und zwar während der Messung. Der Pantograph wird mit dem Meßtischchen verbunden, so daß der Führungsstift genau in der Achse des Tischchens liegt. Zu diesem Zweck wird eine besondere Führung hergestellt, die an Stelle des Graphitstiftes in den Meßtisch eingesetzt wird und gleichzeitig den Panto-

graphen führt (Abb. 2). Diese Anordnung erfordert einen zweiten Zeichentisch, der mit dem des Apparates fest verbunden wird und auf den der Pantograph die Zeichnung überträgt. Um die Möglichkeit zu haben, während des Messens den Zeichenstift des Pantographen dauernd zu beleuchten, wird ein Lichtschutz aus schwarzem Tuch angebracht. Der Zeichenstift wird von einer Hilfskraft bedient, die nach Anweisung des Ausmessenden Signaturen, Höhenzahlen und Beschriftung einträgt und dafür zu sorgen hat, daß der Stift immer sauber und klar gezeichnet (Abb. 2).

Verkleinerung der Originalaufnahmen.

Die Verkleinerung der Originalaufnahmen auf 4 × 4 cm geschieht mit dem zum Multiplex gehörigen Verkleinerungsgerät. Die Berücksichtigung der verschiedenen Brennweiten der Aufnahmekammern geschieht durch Auswechseln eines Verkleinerungseinsatzes. Jeder Einsatz ist mit der Aufnahmebrennweite gekennzeichnet, für die er gilt. Um zu vermeiden, daß mit einem falschen Aufsatz gearbeitet wird, empfiehlt es sich, auf den Deckel eines jeden Aufsatzes in leuchtender Farbe zu schreiben: „Achtung! Bildweite vergleichen!" Gerade im Anfang treten solche Irrtümer leicht auf.

Für die Verkleinerungen werden z. Z. nachstehende Photoplatten benutzt:

„Agfa", Topographische Platte, 4½ × 6;

„Perutz", Diapositiv-Platte, 4½ × 6, normal arbeitend.

Um bei Verwendung des Anaglyphenverfahrens ein einwandfrei ausmeßbares optisches Modell zu erhalten, sollen die Diapositive eine fein abgestimmte Dichte und Gradation besitzen. Die bei Diapositiven für gewöhnliche Betrachtungsprojektion oft auftretenden stark glasigen Stellen sind für die Verwendung im Multiplex störend, sie müssen bei der Herstellung der Diapositive deshalb vermieden werden. Diese sollen in allen Teilen wohl dünn, aber trotzdem gut gedeckt sein, damit ein ausreichend helles Modell entsteht, das aber trotzdem eine feste Oberfläche mit allen Einzelheiten besitzt. Eine flüchtige Herstellung von Diapositiven verschlechtert das Modell entsprechend und erschwert eine gute Ausmessung, wogegen ein einwandfreies Diapositiv die Qualität der Originalaufnahmen praktisch nicht vermindert.

Je nach Güte der Originalaufnahmen werden die Entwickler zusammengestellt. Neben den allgemein bekannten Entwicklern wurden auch Versuche mit Brenzkatechin-Entwicklern durchgeführt. Da mit diesen gute Erfolge erzielt worden sind, sollen nachstehend die Lösungen angegeben werden:

Lösung A: 100 ccm Wasser (gekocht);
8 g Brenzkatechin;
2,5 g Natriumsulfit, krist.;

Lösung B: 10prozentige Ätznatronlösung (zwei Monate haltbar).

Vor Gebrauch werden die Lösungen folgendermaßen zusammengestellt:

Wasser: 100; Lösung A: 4; Lösung B: 1.

Bei diesen Versuchen ergaben sich als Belichtungszeit bei normalen Originalen 30—40 Sekunden und als Entwicklungszeit 6—10 Minuten. Bei der Verkleinerung selbst ist verschiedenes zu beachten. Es muß z. B. beim Einlegen der unbelichteten Platten darauf geachtet werden, daß der Plattenrand zum Bild nicht verkantet ist. Dadurch entstehen leicht Schwierigkeiten bei dem Einlegen der Diapositive in die Projektoren und bei der Herstellung der inneren Orientierung. Es sind also die Anschläge für die Dia-Platten am Anlegerahmen des Verkleinerungsgerätes richtig einzustellen. Ferner ist zu beachten, daß die Luftaufnahmen gegen den Rand meist einen Lichtabfall besitzen. Dadurch wird bei der Verkleinerung im Diapositiv der Rand entsprechend dichter. Zum Ausgleich ist in dem Verkleinerungseinsatz ein verschiebbares Graufilter eingebaut, das je nach Stärke des Lichtabfalles eingestellt wird. Es genügt im allgemeinen, wenn vor der Verkleinerung eines zusammenhängenden Aufnahmematerials eine genaue Einstellung vorgenommen wird.

Kleine Abweichungen können nachher unter Umständen durch Abschwächen aufgehoben werden. Da es sich auch bei den Verkleinerungen um Meßaufnahmen handelt, so ist das Abschwächen nur in ganz geringem Umfange und dann mit allergrößter Vorsicht, mit einem kleinen Wattebausch, vorzunehmen. Es soll möglichst überhaupt vermieden werden.

Die fertigen Verkleinerungen werden sofort im Sinne des Arbeitsplanes registriert. Wenn notwendig, erhalten sie durch einen Stempel noch eine Kennziffer. Das ist besonders dann wichtig, wenn das Arbeitsgebiet sehr groß ist. Hier hat sich eine Registrierung nach Übersichtsblättern (blattweise) als zweckmäßig herausgestellt. Als Übersichtskarte wird hier die Karte 1 : 25 000 benutzt.

Auf zwei immer wiederkehrende Fehler ist hinzuweisen, das ist einmal die Verkleinerung mit einem falschen Aufsatz, sofern mehrere Aufsätze für verschiedene Brennweiten in Gebrauch sind (s. o.), und das falsche Einlegen entweder des Filmes oder der Diapositivplatte in das Verkleinerungsgerät. Hier ist wichtig: „Bei Originalfilm und Diapositivplatte immer Schicht nach unten!"

Hilfsmittel.

Die Originalabzüge (18 × 18 bzw. 30 × 30) leisten bei der Arbeit am Multiplex wertvolle Dienste. Sie werden, um eine gute Erkennbarkeit der Einzelheiten beim Betrachten der Bilder und ein Schreiben auf ihnen zu erleichtern, auf halbmattem Papier kopiert. In diese Bilder trägt der Photogrammeter zuerst alle ihm zur Verfügung stehenden Festpunkte und auch sonst für die Ausmessung wichtigen Einzelheiten ein. Am Gerät selbst werden dann auch die gewonnenen Neupunkte der Aerotriangulation durch Nadelstiche und Kringel nachgetragen. Als zweckmäßig hat sich gezeigt, daß die Bilder, die im Multiplex zu einem Aufnahmesatz vereinigt werden, mit Klebeband mit ungefähr 0,5 cm Zwischenraum zusammengeklebt werden. Hierfür sind nur alle zweiten Bilder zu verwenden, damit eine stereoskopische Betrachtung der Originalbilder jederzeit möglich ist.

Während der Orientierung, Triangulation und besonders bei der topographischen Ausmessung ist die stereoskopische Betrachtung der Originalabzüge zur Kontrolle laufend notwendig. Dabei ist am besten das Spiegelstereoskop verwendbar, da die aufsteckbaren Feldstecher durch vierfache Vergrößerung des Bildausschnittes eine sichere Deutung unklarer Einzelheiten ermöglichen. Ohne Feldstecher gibt es einen ausgezeichneten Überblick über das ganze Modell und dadurch dem Photogrammeter von vornherein die notwendige Kenntnis von dem Modellinhalt. Das Spiegelraumglas hat sich gegenüber dem Brückenraumglas als zweckmäßiger erwiesen, da mit ihm alle Formate, also auch 30 × 30 cm, betrachtet werden können und die Bilder nicht übereinandergeschoben bzw. zerschnitten zu werden brauchen.

Vorbereitungen zur Messung.

Für das Einlegen der Diapositive in die Projektoren und deren Orientierung, wie innere, gegenseitige und absolute Orientierung, gilt die zu jedem Gerät gehörige Arbeitsanweisung. Das Arbeitsverfahren umfaßt daneben aber noch Handgriffe und Einzelarbeiten, die wohl die in der Anweisung enthaltenen Richtlinien nicht ändern, aber die Gesamtarbeit teilweise vereinfachen und somit noch weiter erleichtern und die Arbeitszeit verkürzen. Vor Beginn einer jeden Arbeit, ob Aerotriangulation oder topographische Ausmessung, ist die Aufstellung eines Arbeitsplanes unbedingt erforderlich, der von der Lage der Aufnahmen und der bekannten und luftsichtbaren Festpunkte ausgeht. Zu diesem Zwecke werden die Bilder und die Festpunkte in eine Übersicht eingetragen und hiernach die Reihenfolge der zu bearbeitenden Streifenabschnitte bezeichnet. Dabei werden die Abschnitte so gewählt, daß möglichst in jedem Satz, zumindest bei den ersten Abschnitten, ausreichende Festpunkte vorhanden sind, so daß für die erst dann zu bearbeitenden ungünstigen Abschnitte bereits triangulierte Punkte als Anschlußpunkte vorhanden sind. Die Länge eines Satzes, d. h. die Anzahl der Einzelbilder, ist abhängig von der Lage der Festpunkte. Als normalen Satz rechnet man acht Aufnahmen. Diese Zahl läßt sich leicht

in vier bis fünf Stunden fertig orientieren. In dieser Zeit ist natürlich nicht eine Triangulation oder kartenmäßige Ausmessung, sondern lediglich Orientierung einschließlich aller Nebenarbeiten, wie Auswahl der Bilder und Eintragung der Festpunkte in die Bilder, enthalten. Das entspricht bei einem Aufnahmemaßstab von 1 : 30 000 (Format 18 × 18 cm) einer Flächenleistung von ungefähr 50—60 qkm unter Berücksichtigung der seitlichen Überdeckung.

Bei der gegenseitigen Orientierung eines Streifens soll, soweit es möglich ist, das erste Aufnahmepaar auch sofort absolut orientiert werden, um für den ganzen Streifen gleich von Anfang an eine angenäherte absolute Orientierung zu erhalten. Der Photogrammeter muß, wenn für das erste Aufnahmepaar nicht ausreichende Paßpunkte gegeben sind, aus einer etwa vorhandenen Übersichtskarte oder aus der in den Bildern dargestellten Geländeform selbst die Werte und Anhalte für die Durchführung einer angenäherten absoluten Orientierung entnehmen. Erst dann werden die weiteren Bilder nacheinander hinzuorientiert. Zur Vermeidung von Modellverbiegungen und Verwindungen muß die gegenseitige Orientierung restparallaxenfrei durchgeführt werden. Eine Kontrolle ist nach jedem Folgebildanschluß durch den Dreipunktanschluß gegeben. Es werden drei Paßpunktsäulen im Anschlußfeld auf die Geländehöhe des voraufgegangenen Modells eingestellt und, ohne die Säulen zu verändern, die Höhe im angeschlossenen Modell kontrolliert. Eine Differenz darf nicht auftreten; wo sie vorhanden ist, sind größere Orientierungsfehler im Folgebildanschluß enthalten. Das Gesamtmodell des Satzes wird dann absolut orientiert. Es hat sich in bezug auf das Arbeitstempo als zweckmäßig ergeben, daß bei der „Ausschauklung" des Gesamtmodelles zuerst die Längsneigung über zwei Punkte und dann ebenfalls über zwei Punkte die Querneigung korrigiert wird. Bei etwa noch vorhandenen bekannten Höhen kann dann die richtige Orientierung kontrolliert werden. Hierfür werden die dem Gerät beigegebenen Paßpunktsäulen benutzt. Die Kontrolle erfolgt mit dem Meßtischchen.

Bei der gesamten Orientierung treten verschiedene typische Anfängerfehler auf, die immer wieder gemacht werden und den jüngeren Auswertern je nach Sorgfalt auch noch oft nach ihrer Ausbildungszeit treu bleiben. So werden die Diapositive in die Projektoren in den ersten Wochen sehr oft falsch eingelegt. Die Schicht muß nach unten, also zum Objektiv hin, liegen. Während bei der gegenseitigen Orientierung selbst kaum Fehler zu machen sind — hier kann durch die Nachprüfung der Restfehler eine einfache und durchgreifende Kontrolle stattfinden —, treten bei der absoluten Orientierung gleich mehrere auf. Der bezeichnendste und auch gefährlichste Fehler darunter ist, weil er einmal auch dem fast fertig Ausgebildeten immer noch passiert und weil er oft, wenn nicht eine ein-

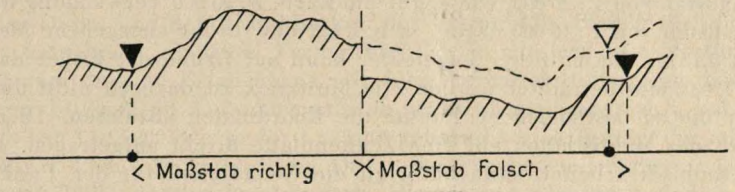


Abb. 3. Wirkung des „Bildsprungs", *bx*-Fehler.

gehende Kontrolle der Orientierung vorgenommen wird, Fehler in die Ausmessung bringt, der „Bildsprung", hervorgerufen durch einen *bx*-Fehler. Beim Bildanschluß und besonders bei der Maßstabskorrektur während der absoluten Orientierung wird gerade dieser Fehler von den Anfängern immer wieder gemacht. Durch den Bildsprung wird das Niveau des einen Stereogramms gegenüber dem anschließenden verschoben, und es entsteht außerdem eine Zusammenschiebung bzw. Auseinanderzerrung der Grundrißlage in der Streifenrichtung. Das Gesamtmodell erhält also keinen einheitlichen Maßstab. Wenn mehrere Festpunkte, z. B. vier bis fünf, im Gesamtmodell gegeben sind, und diese günstig verteilt liegen, wird es leicht möglich sein, die Fehler mit deren Hilfe festzustellen. Aber nicht

immer wird man eine so weitreichende Zahl von Paßpunkten zur Verfügung haben. In solchen Fällen muß der Fehler durch sorgfältige Höhenkontrolle in dem je zwei benachbarten Modellen gemeinsamen Raum vermindert werden.

Für die Vorbereitung erhält der Photogrammeter eine Zusammenstellung, in der für ein Übersichtsblatt (eine Karte 1 : 25 000 als Registriereinheit) das gesamte Unterlagenmaterial enthalten ist, wie ein Blatt der Übersichtskarte mit den Ergebnissen der Unterlagenbearbeitung, die Koordinaten und Lageskizzen der Festpunkte (Lage und Höhe), die Originalbilder und die Verkleinerungen. Die Festpunkte werden im Ausmeßmaßstab auf ein Arbeitsblatt aufgetragen. Als Material für die Arbeitsblätter wird entweder Zeichenpapier mit Aluminiumeinlage, stark oder dünn, Zeichenpapier oder Ölpapier verwendet. Das Aluminiumpapier ist in Rollen und verschiedenen Stärken im Handel gebrauchsfertig erhältlich.

Der Einsatz für Triangulationen.

Triangulationen durch Luftbildmessung unter der Bezeichnung Aerotriangulation, Bildtriangulation usw. finden heute in weitem Umfang Anwendung. In Kulturländern mit vorhandenen Triangulationen I., II. usw. Ordnung dienen sie zur weiteren Verdichtung dieses Netzes und in weniger bzw. überhaupt noch nicht vermessenen Gebieten zur Durchführung von Haupt-, Ergänzungs- und Fülltriangulationen. Die dabei zu überspannenden festpunktlosen Räume sind dementsprechend verschieden groß. Der Zweck der Triangulation durch Luftbildmessung stellt jeweils auch an ihr Ergebnis ganz verschiedene Forderungen, je nachdem, ob sie nur für einen bestimmten Kartenmaßstab die Grundlage abgeben soll, oder ob darüber hinaus noch für andere Verwendungszwecke eine größere Genauigkeit verlangt wird. Die beiden Stereomeßgeräte, Stereoplanigraph und Multiplex, werden, sich gegenseitig ergänzend, für diese Arbeiten eingesetzt, wobei eine Abgrenzung des Einsatzgebietes nur für den Multiplex notwendig ist, da der Stereoplanigraph für alle Möglichkeiten der Aerotriangulation verwendet werden kann.

Dagegen kann der Multiplex nur für bestimmte Gruppen der Aerotriangulation zum Einsatz kommen, die nicht nur durch die mit ihm erreichbare Meßgenauigkeit, sondern auch durch die ganze Art seiner Ausmeßeinrichtung bestimmt werden.

Das Messen und Ablesen der Koordinaten der Triangulationspunkte erfolgt im Stereoplanigraphen durch Einstellen der zu bestimmenden Punkte und Ablesen der Koordinaten an den mit den Meßspindeln gekoppelten Zählwerken. Die dabei erreichbare Lagegenauigkeit beträgt als Ergebnis umfangreicher Messungen ± 0,015 mm. Wenn also z. B. bei einem Aufnahmemaßstab von 1 : 20 000, wie er für die Karte 1 : 25 000 Verwendung findet, sich ein Maschinenmaßstab von 1 : 10 000 ergibt, so beträgt die vorher angegebene Meßgenauigkeit (Lage) dann 0,15 m. Als mittlerer Lagefehler kann auf Grund der bisher durchgeführten Messungen ± 0,03 mm betrachtet werden. Im Multiplex ist dagegen nicht die Möglichkeit gegeben, für die zu bestimmenden Punkte die Koordinaten abzulesen. Hier werden die Punkte durch das Meßtischchen auf eine Zeichenplatte direkt aufgetragen. Da man ausschließlich graphisch arbeitet, kann natürlich die Genauigkeit für den Punkt nicht mehr so groß sein wie beim Stereoplanigraph.

Da wir am Multiplex die Messung in einem Arbeitsmaßstab vornehmen, der größer ist als der endgültige Kartenmaßstab, und infolgedessen auch die Meßfehler, soweit sie die Situation betreffen, mit der Reduktion ebenfalls verkleinern, wird hier die Meßgenauigkeit noch gesteigert. Bei einem Verhältnis des Arbeitsmaßstabes zum Kartenmaßstab von 1 : 2,5, d. h. also bei 1 : 10 000 zu 1 : 25 000, wie für die Karte 1 : 25 000, beträgt der mittlere Fehler der Messung (Lage) ± 0,1 mm oder im Kartenmaßstab 1 : 25 000 umgerechnet ± 2,5 m. Aus diesen wenigen Zahlen läßt sich schon einiges für die Abgrenzung der Verwendung des Multiplex gegenüber dem Stereoplanigraph ableiten.

Der Stereoplanigraph wird in der Aerotriangulation immer da eingesetzt, wo eine möglichst große Genauigkeit, die sich nur durch Koordinatenmessung erreichen läßt, gefor-

dert wird. Das ist für große Maßstäbe und außerdem bei mittleren und kleinen Maßstäben dort, wo weite Räume zu überbrücken sind. Mit ihm wird man also z. B. in wenig oder nicht vermessenen Gebieten die Haupt- und Ergänzungstriangulationen durchführen, deren Seiten nach den bisherigen Erfahrungen bis 100 km lang sein können. Die Untersuchungen über die Möglichkeiten, 300 bis 500 km lange Streifen zu triangulieren, sind noch nicht abgeschlossen. Es besteht aber begründete Hoffnung, daß es gelingen wird, so lange Streifen mit der erforderlichen Genauigkeit triangulieren zu können. Hierüber wird zu gegebener Zeit berichtet werden. Dagegen fallen dem Multiplex alle die Triangulationen zu, die ohne zahlenmäßige Festlegung lediglich das Paßpunktnetz für eine topographische Kartierung zu liefern haben, also entweder in Kulturländern für die Karte 1 : 25 000 im Anschluß an die vorhandene Triangulation oder in wenig bzw. überhaupt nicht vermessenen Gebieten für die Schließung der verbleibenden Lücken als Fülltriangulation und wieder als Paßpunktnetz für eine topographische Kartierung entweder im Maßstab 1 : 25 000 oder 1 : 50 000. Als besonderer Vorteil des Multiplex kann die Tatsache betrachtet werden, daß der Bildstreifen nach der Ausgleichung, die ja nahezu vollständig im Gerät erfolgt, sofort für die topographische Ausmessung benutzt wird.

Bedingung für die Erreichung des Arbeitsergebnisses mit dem gewünschten Wert ist aber die Einhaltung aller notwendigen Voraussetzungen. Hierher gehören, neben einer ausreichenden Ausbildung der Auswerter, Zweckmäßigkeit der neben dem Gerät erforderlichen Arbeitsmittel, eine gute Anlage der ganzen Arbeit (Arbeitsplanung) und gute Bildqualität. Gerade für die Durchführung von Triangulationsarbeiten am Multiplex sind die Anlage des Bildfluges und die Einhaltung der Anweisungen der Flugplanung von großer Bedeutung. Die Streifen sollen nicht zuviel Abweichungen von der Geraden aufweisen. Der Multiplex gestattet solche seitlichen Abweichungen bis maximal ± 60 mm. Es ist aber nicht ratsam, diese Möglichkeit voll auszunutzen. Wenn die Kammer zu weit herausgedreht wird, kann sich der Einfluß von etwa auftretenden Erschütterungen unangenehm bemerkbar machen. Wo die Streifen sehr stark kurvig geflogen sind, können sie nur in entsprechenden Teilabschnitten bearbeitet werden. Das hat aber den Nachteil, daß der Multiplex nicht voll ausgenutzt wird und die vorhandenen Rahmenpunkte für diese kleinen Abschnitte nicht immer ausreichen. Man muß also mehrere solcher Teile nach der Auswertung zusammenfügen und dann die Maßstabs- und Höhenkorrektur vornehmen. Es ist dadurch eine nicht unbedeutende Mehrarbeit notwendig. Dagegen wird eine größere Sorgfalt bei der Befliegung den glatten Arbeitsablauf fördern und dadurch Kosten und Genauigkeit auf das gewünschte Maß bringen.

Die Genauigkeit einer mit dem Multiplex durchgeführten Aerotriangulation ist abhängig von der Dichte und der Brauchbarkeit der Festpunkte. Stehen für einen Normalsatz von acht Aufnahmen genügend Festpunkte, d. h. mindestens vier bis fünf, zur Verfügung, so ist nach unseren Erfahrungen mit dem Normal-Multiplex eine mittlere Lagegenauigkeit von ± 0,2 mm im Aufnahmemaßstab praktisch erreichbar, d. h. bei einem Aufnahmemaßstab von 1 : 18 000, wie er für 1 : 25 000 gebraucht wird, beträgt der mittlere Lagefehler ungefähr ± 3,5 m. Ändert sich die Dichte der gegebenen Festpunkte, so kann sich auch der mittlere Fehler entsprechend ändern. Hierbei ist zu beachten, daß es sich um die Genauigkeiten einer Aerotriangulation handelt. Bei Ausmessungen nach ausreichenden Paßpunkten werden natürlich höhere Genauigkeiten erreicht.

Bei der Durchführung einer Fülltriangulation in Gebieten, wo vorher mit dem Stereoplanigraphen eine Haupt- und Ergänzungstriangulation erfolgt ist, bzw. wo nur eine Großtriangulation besteht, muß man mit weniger Festpunkten als vier für einen Satz von acht Aufnahmen rechnen. Hier ist man gezwungen, auch am Multiplex das bei der Durchführung langer Triangulationsstreifen notwendige Verfahren anzuwenden. Hierüber wird in einer späteren Arbeit berichtet werden.

Die terrestrisch bestimmten Festpunkte müssen für ihre Identifizierung im Multiplex „luftsichtbar" gemacht werden. So werden entweder zu den trigonometrischen Punkten

durch Hilfsmessung auf der Erde Beipunkte bestimmt, die mit im Bilde eindeutig erkennbaren Situationspunkten zusammenfallen, oder die Festpunkte selbst werden durch Signale, die dem Untergrund und der Umgebung angepaßt sind und deren Größe sich nach dem Aufnahmemaßstab richtet, kenntlich gemacht. Während man für die großen Maßstäbe Holz- oder Metallplatten verwendet, haben sich für kleine Maßstäbe Gräben-, Hecken-, Stein- usw. Signale bewährt[5]

Verwendung für die Herstellung von topographischen Karten.

Ebenso wie für die Durchführung von Triangulationen hat sich der Multiplex auch bei der Herstellung topographischer Karten bewährt. Seine Verwendungsmöglichkeit beschränkt sich nach unseren Erfahrungen nicht nur auf kleine Maßstäbe, sondern gestattet Ausmessungen in allen, auch größeren, Maßstäben. Nur aus wirtschaftlichen Gründen ist die Möglichkeit der Anwendung durch das Arbeitsverfahren, das sich im Laufe der Versuchsjahre als notwendig herausgestellt hat, begrenzt. Dieses wirtschaftliche Arbeitsverfahren verlangt die Ausmessung im doppelten Karten- bzw. Planmaßstab, wenn Höhen auszumessen sind und die für das betreffende Kartenwerk feststehenden bzw. gewünschten Fehlergrenzen eingehalten werden sollen. Nach dem Ausmeßmaßstab soll deshalb bereits im Arbeitsplan der Aufnahmemaßstab festgelegt werden. Danach müßten also bei Ausmessung im Multiplex die Originalaufnahmen den in der Tabelle A, Spalte 3, angegebenen Maßstab haben. Es ist in den nachstehenden Tabellen, da sie nur zur Erläuterung der Arbeitsbegrenzung gebracht werden, als Beispiel nur der Fall der Normalkammer, $f = 21$ cm, Format 18×18 cm, gewählt worden. Nun bestehen aber für die einzelnen Kartenmaßstäbe auf Grund der langjährigen Erfahrungen und des augenblicklichen technischen Standes z. Z. ganz bestimmte Aufnahmemaßstäbe. In der Tabelle B sind nun diese Aufnahmemaßstäbe und die sich danach ergebenden Ausmeßmaßstäbe eingesetzt. Danach ergibt sich also, daß beim Kartenmaßstab 1 : 10 000 die Grenze für eine Ausmessung im doppelten Maßstab liegt, wenn man nicht auf den wirtschaftlichen Vorteil verzichten will. Der Multiplex kann also ohne Frage für die Herstellung von topographischen Karten im Maßstab 1 : 10 000 und kleiner auch in wirtschaftlicher Beziehung mit gutem Erfolg eingesetzt werden. Eine Abweichung von diesem Maßstabsverhältnis, d. h. eine Annäherung des Ausmeßmaßstabes an den Kartenmaßstab, ist möglich, wenn es sich nur um die Ausmessung vom Grundriß, und zwar in offenem Gelände, also nicht im Stadtgebiet, handelt. Die Übertragung der Ausmessung erfolgt direkt, d. h. die Messung selbst wird über einen Präzisionspantograph in dem richtigen Maßstab kartiert. Begründung und Einrichtung sind bereits weiter vorn besprochen.

Tabelle A: f = 21 cm, Format 18×18 cm

Kartenmaßstab	Ausmeßmaßstab	Aufnahmemaßstab
1 : 50 000	1 : 25 000	1 : 50 000
1 : 25 000	1 : 12 000	1 : 25 000
1 : 10 000	1 : 5 000	1 : 10 000
1 : 5 000	1 : 2 500	1 : 5 000
1 : 2 000 bis 2 500	1 : 1 000	1 : 2 000

Tabelle B: f = 21 cm, Format 18×18 cm

Kartenmaßstab	Ausmeßmaßstab	Aufnahmemaßstab
1 : 50 000	1 : 15 000	1 : 30 000 bis 40 000
1 : 25 000	1 : 7 500 bis 10 000	1 : 15 000 bis 20 000
1 : 10 000	1 : 6 000 bis 7 000	1 : 12 000 bis 14 000
1 : 5 000	1 : 4 000	1 : 8 000
1 : 2 000 bis 2 500	1 : 2 000	1 : 4 000

Es hat sich als zweckmäßig ergeben, sofort nach Orientierung des Streifens, besonders wenn eine Aerotriangulation der Ausmessung vorangegangen ist, eine für jedes

[5] Luftbild und Luftbildmessung, Heft 17.

Bildpaar ausreichende Zahl von Paßpunkten mit Höhenangaben zu kartieren. Die Ausmessung eines Streifens dauert je nach Gelände mindestens einige Tage. Während dieser Zeit besteht die Gefahr, daß die Orientierung wieder verlorengeht. Sind Paßpunkte gestochen, so kann leicht von Bildpaar zu Bildpaar die etwa notwendige Nachkorrektur vorgenommen werden. Es erfolgt zuerst die Ausmessung der Höhen und danach die des Grundrisses. Während der Ausmessung tritt manchmal eine Verschiebung des Zeichenblattes zum Instrument auf, ein Fehler, der sich besonders in der Ausbildungszeit bemerkbar macht und deshalb auch zu den Anfängerfehlern rechnet, die durch das noch etwas unbeholfene Verhalten des jungen Auswerters und seine manchmal unvorsichtigen Bewegungen bedingt sind. Es gehört deshalb mit zu einer laufenden Selbstkontrolle, daß auch immer wieder die Paßpunkte eingestellt und geprüft werden. Dadurch vermeidet man umfangreiche Doppelarbeiten, denn man muß ja die verschobene Messung feststellen, wieder ausradieren und neu zeichnen.

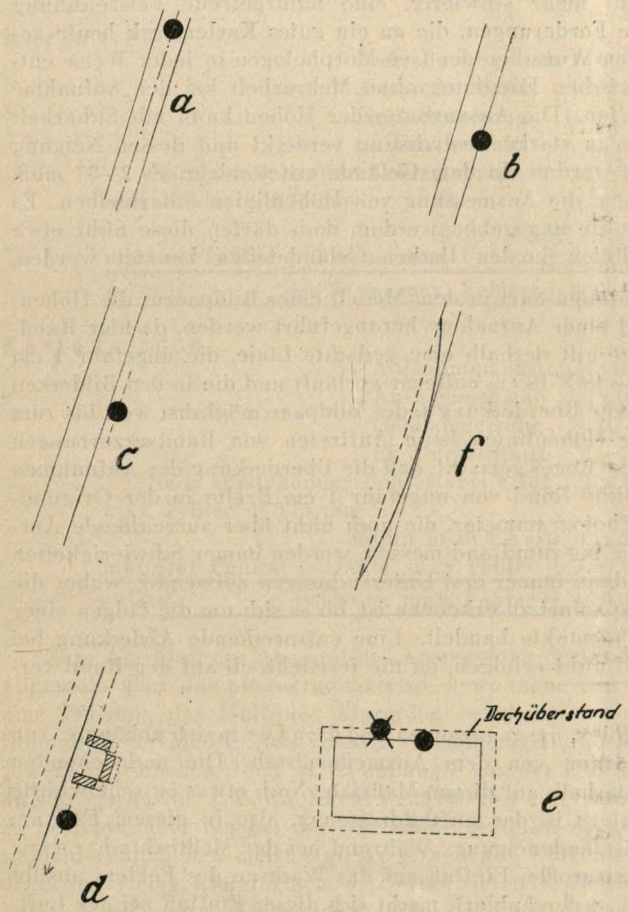


Abb. 4.
Führen der Meßmarke bei der Grundrißmessung.

a) Abfahren einer Straßenachse,
b) Abfahren einer Straßengrenze.
c) tangierendes Abfahren einer Straßengrenze für einen kleinen Kartenmaßstab,
d) zeigt die Notwendigkeit, unmittelbar an der Straße zu c) liegende Häuser ebenfalls zu verlegen,
e) in großen Maßstäben muß bei Häusern d. Dachüberstand berücksichtigt werden. Das erfolgt durch tangierendes Abfahren der Dachkante. Die durchkreuzte Marke würde die Dachkante ausmessen,
f) falsche Höheneinstellung würde beim Abfahren von Wegkanten die Kanten entsprechend falsch wiedergeben.

Die Darstellung der Bodenform soll nach den Vorschriften für die topographischen Karten durch Höhenlinien erfolgen, wobei ihre äußere Gestalt nach Höhe und Böschungsverhältnis exakt und klar zum Ausdruck kommen soll. Um das zu erreichen, muß die Höhenlinie allen Feinheiten, auch den feinen Ein- und Ausbiegungen der Bodenform, folgen. Während bei der Meßtischtachymetrie, wie in den Vorbetrachtungen bereits erwähnt ist, nur punktweise gemessen werden kann, wodurch eine stärkere Generalisierung

in einer normalen Arbeit die Folge sein muß, wird beim Multiplex durch das kontinuierliche Führen der Meßmarke am Modell tatsächlich die Höhenlinie in der naturtreuen Form wiedergegeben. Es ist hauptsächlich eine Sache der Sorgfalt des Photogrammeters, mit der dieser die Meßmarke führt. Viele Arbeiten am Multiplex in den Maßstäben 1 : 5000 bis 1 : 25 000 haben die naturgetreue Form der ausgemessenen Höhenlinien bewiesen. Der Abstand der Höhenlinien richtet sich nach dem Gelände. Das ausgemessene Höhenlinienbild muß aber klar, leicht lesbar und einwandfrei beschriftet sein. Außerdem erhält die Höhenlinienzeichnung auch die Gerippelinien. Besonders in gebirgigem Gelände, wo zusätzlich Felszeichnungen auszuführen sind, werden alle Linien, wie Schneiden, Grate, Rinnen, Schichten usw. gebracht. Auch hier ist die Luftbildmessung, also der Multiplex als Ausmeßgerät, jedem anderen Verfahren weit überlegen, weil er tatsächlich auch in dem schwierigsten Gelände leicht und geometrisch genau jede gewünschte Linie wiedergeben kann. In ein photogrammetrisch gewonnenes Höhenbild, bestehend aus Höhenlinien und Gerippelinien, ist es deshalb nicht mehr schwierig, eine naturgetreue Felszeichnung einzusetzen. Es erfüllt dadurch alle Forderungen, die an ein gutes Kartenwerk heute gestellt werden und wird auch u. a. den Wünschen der Geo-Morphologen in jeder Weise entsprechen, und somit der morphologischen Forschung ohne Mehrarbeit bei der Aufnahme die erforderlichen Unterlagen schaffen. Die Ausmessung der Höhen kann mit Sicherheit in jedem Gelände, das nicht durch zu starke Bewachsung verdeckt und dessen Neigung stärker als 2—3° ist, vorgenommen werden. In dem Gelände mit weniger als 2—3° muß, nach unseren bisherigen Erfahrungen, die Ausmessung von Höhenlinien unterbleiben. Es können wohl hier einige Höhenpunkte angegeben werden, doch dürfen diese nicht etwa für eine Konstruktion der Höhenlinien in den flachen Geländeteilen benutzt werden.

Bei der Ausmessung von Höhenlinien darf in dem Modell eines Bildpaares die Höhenlinie niemals bis ganz an den Rand einer Aufnahme herangeführt werden, da hier Randverzerrungen auftreten. Als Grenze gilt deshalb eine gedachte Linie, die ungefähr 1 cm vom Bildrand der Originalaufnahme 18 × 18 cm entfernt verläuft und die in den Bildecken abgerundet ist. Wo wegen zu geringer Überdeckung jedes Bildpaar möglichst weit bis zum Rand auszumessen ist, werden die Höhenlinien beim Auftreten von Randverzerrungen abgebogen. Wir haben uns daher zur Regel gemacht, daß die Überdeckung der Aufnahmen so groß sein muß, daß der gefährliche Rand von ungefähr 1 cm Breite in der Originalaufnahme fortfallen kann. Junge Photogrammeter, die noch nicht über ausreichende Ausbildung und Übung verfügen und die bis zum Rand messen, werden immer Schwierigkeiten bei der Anpassung haben. Es sind dann immer erst Untersuchungen notwendig, woher die Schwierigkeiten kommen, da ja nicht sofort zu erkennen ist, ob es sich um die Folgen einer Randverzerrung oder um falsche Paßpunkte handelt. Eine entsprechende Abdeckung bei der Herstellung der Diapositive soll nicht erfolgen, da nie feststeht, ob auf den Rand verzichtet werden kann.

Die Genauigkeit der im Multiplex ausgemessenen Bodenform ist abhängig von verschiedenen Einflüssen, am stärksten von dem Ausmeßmaßstab. Die nachstehenden Fehlerbetrachtungen beziehen sich deshalb auf diesen Maßstab. Noch etwas ist sehr wichtig bei der Betrachtung von Höhenfehlern in der Luftbildmessung, also in diesem Fall am Multiplex, das ist der Einfluß der Geländeneigung. Während bei der Meßtischtachymetrie die Geländeneigung tatsächlich einen großen Einfluß auf das Wachsen des Fehlers ausübt (mit der Zunahme der Neigung wächst der Fehler), macht sich dieser Einfluß bei der Luftbildmessung nur in geringem Umfange bemerkbar. Aus diesem Grunde ist es also nicht zweckmäßig, in einer Formel (wie z. B. bei der Formel des zulässigen mittleren Fehlers der Höhenlinien für die Karte 1 : 5000, wie sie weiter vorn angegeben ist) die Leistung des Multiplex anzugeben. Man muß vielmehr den Fehler entweder für bestimmte Neigungsstufen, z. B. von 10° zu 10°, oder für einen Punkt angeben. Danach würde der Fehler in Millimetern des Ausmeßmaßstabes betragen:

a) für einen Punkt, der sich im Gelände jederzeit einwandfrei auffinden läßt (mittl. Fehler) $\pm$ 0,2 mm

b) für die Höhenlinie		mittl. Fehler	max. Fehler
$0 - 3^g$		$\pm$ 0,2 mm	$\pm$ 0,6 mm
$3 - 10^g$	$\pm (0{,}15 + 0{,}8 \operatorname{tg} \alpha)$ mm oder	$\pm$ 0,21 mm	$\pm$ 0,63 mm
$10 - 15^g$	$\pm (0{,}15 + 0{,}6 \operatorname{tg} \alpha)$ mm oder	$\pm$ 0,26 mm	$\pm$ 0,75 mm
$15 - 20^g$	$\pm (0{,}16 + 0{,}5 \operatorname{tg} \alpha)$ mm oder	$\pm$ 0,30 mm	$\pm$ 0,9 mm
$20 - 40^g$	$\pm (0{,}18 + 0{,}3 \operatorname{tg} \alpha)$ mm oder	$\pm$ 0,33 mm	$\pm$ 1,00 mm
über 40^g		$\pm$ 0,36 mm	$\pm$ 1,00 mm

Mit dem Ausmeßmaßstab multipliziert, ergibt sich dann (unabhängig vom Verhältnis des Ausmeßmaßstabes zum endgültigen Kartenmaßstab!) daraus der Fehler in Metern der betreffenden Karte. Zur Erläuterung seien nachstehend zwei Beispiele gebracht, wie sie am häufigsten vorkommen, Fehler einer Höhenlinie:

Karte 1:5000

Aufnahmemaßstab 1:6000
Ausmeßmaßstab 1:3000
Geländeneigung $10-15^g$
im Durchschnitt $12^1/_2{}^g$

Nach vorstehender Fehlertabelle für $12^1/_2{}^g$ = mittl. Fehler $\pm$ 0,26 mm, max. Fehler $\pm$ 0,75 mm

mithin in der Karte 1:5000

mittlerer Fehler $\pm$ 0,78 m, max. Fehler $\pm$ 2,25 m

zulässig $\pm$ 1,39 m, max. Fehler $\pm$ 3,97 m

Karte 1:25000

Aufnahmemaßstab 1:18 000
Ausmeßmaßstab 1:10 000
Geländeneigung $10-15^g$
im Durchschnitt $12^1/_2{}^g$

Nach vorstehender Fehlertabelle für $12^1/_2{}^g$ = mittl. Fehler $\pm$ 0,26 mm, max. Fehler $\pm$ 0,75 mm

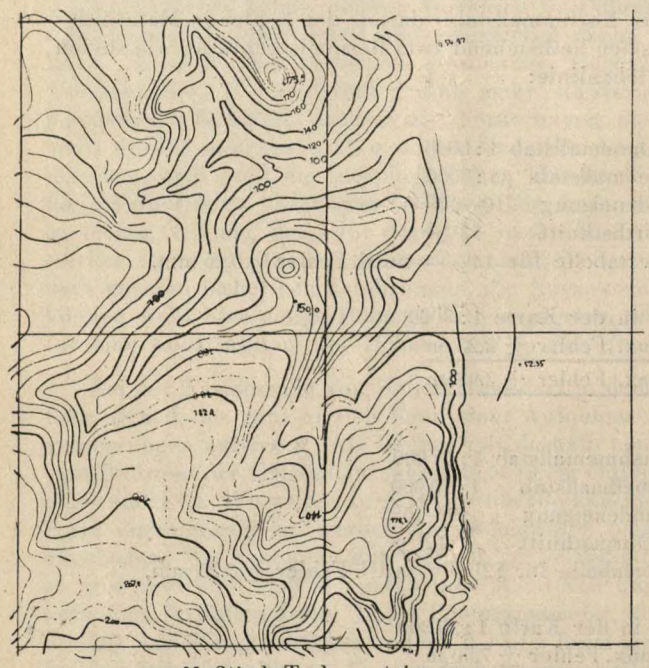
mithin in der Karte 1:25 000

mittlerer Fehler $\pm$ 2,60 m, max. Fehler $\pm$ 7,50 m

zulässig $\pm$ 3,30 m, max. Fehler $\pm$ 10,0 m (als Schichthöhe).

Zum Abschluß des Abschnittes „Ausmessung der Bodenform" ist es wichtig, noch etwas allgemein über das photogrammetrisch gewonnene Höhenbild zu sagen, da ja damit auch eine Leistung des Multiplex klargelegt wird. Das über ein Punktgerippe gewonnene Höhenbild der Meßtischtachymetrie ist immer generalisiert. Wie weit die Generalisierung jeweils getrieben worden ist, ist abhängig von der Dichte der gemessenen Punkte. Es wäre an sich erwünscht, z. B. die Karte 1:25 000 mit einer nur wenig generalisierten Höhenlinie zu besitzen, aber die bei der Aufnahme gestellte Aufgabe und die dafür zur Verfügung stehende Zeit haben meist eine weitergehende Verfeinerung nicht zugelassen. Die Unterdrückung vieler Kleinformen wird von vielen Kartenbenutzern, wie Morphologen, Geologen, Ingenieuren, Bergsteigern usw. bedauert. Dagegen zeigt das photogrammetrisch gewonnene Höhenbild auch alle die Einzelheiten, die bei der Aufnahme mit dem Meßtisch unterdrückt werden. Es ist eine Eigenart der Luftbildmessung und somit auch des Multiplex, daß auch da, wo die Meßtischtachymetrie große Schwierigkeiten hat und teilweise überhaupt versagt, z. B. in den Hochgebirgen, ohne Schwierigkeit ein vollkommen naturgetreues Höhenbild ausgemessen wird, das allen Ansprüchen der Morphologen, Ingenieure, Bergsteiger usw. genügt.

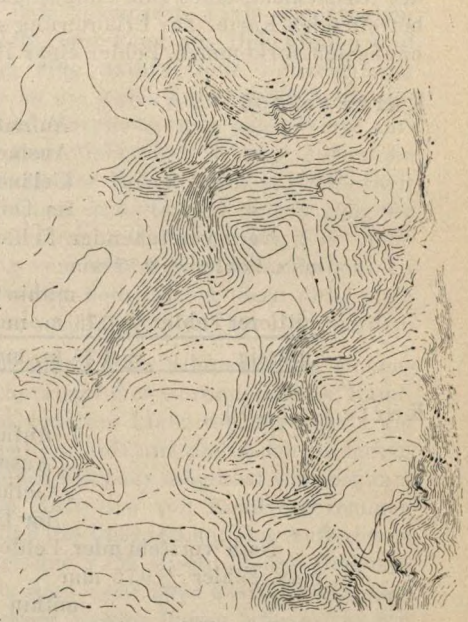
Die Ausmessung des Grundrisses geschieht in der Weise, daß alle Linien, die in der Karte darzustellen sind, im Modell räumlich abgefahren werden, d. h. die Meßmarke rollt auf der Linie entlang, wobei sie immer auf dem Erdboden aufliegen muß. Wenn auch ein kleiner Höhenfehler beim Ausmessen des Grundrisses im allgemeinen keine Fehler der Messung bringt, so darf doch die Sorgfalt nicht vernachlässigt werden. Der nach unseren Erfahrungen für die richtige Grundrißmessung im Normalmultiplex zulässige Höhenfehler beträgt etwa 0,5 mm des Ausmeßmaßstabes. Wird nur der Grundriß verlangt, z. B. im Stadtgebiet, so genügt demnach eine „Ausschaukelung" von ± 0,3 mm im Ausmeßmaßstab (Höhenfehler bei den Paßpunkten). Die Ausmessung des Grundrisses erfordert an sich die



Meßtisch-Tachymetrie

Maßstab 1 : 25 000

Stark generalisierte Geländeform. Viele Kleinformen sind in dem wenig übersichtlichen Gelände überhaupt nicht zur Darstellung gekommen. Dadurch auch entsprechend großer Höhenfehler.



Ausmessung im Multiplex

Genaueste Wiedergabe der Geländeform mit allen Feinheiten. Schon dadurch gegenüber der Meßtischtachymetrie kleinerer Höhenfehler.

wenigste photogrammetrische Übung. Voraussetzung ist natürlich das Vorhandensein ausreichender topographischer Kenntnisse. Lediglich bei der Messung in kleinen Maßstäben, wo eine maßstäbliche Wiedergabe aller Objekte oft Schwierigkeiten bereitet, sind besondere Maßnahmen notwendig. Von Straßen, Wegen und Eisenbahnen werden hier z. T. nur die Achsen gemessen und die Anlagen selbst erst bei der kartographischen Bearbeitung, entsprechend der Vorschrift, eingesetzt. Dabei ist lediglich zu beachten, daß anschließende Objekte, die z. B. von der verbreiterten Darstellung einer Straße betroffen werden, entsprechend mit verlegt werden.

Die Genauigkeit, mit der die Grundrißmessung erfolgt, ist auch im Multiplex sehr hoch. Der Unterschied zwischen dem Stereoplanigraphen und dem Multiplex ist hier bei sachgemäßer Arbeitsweise nicht so bedeutend wie bei der Höhenmessung. Die Meßgenauigkeit ist wieder abhängig von dem Ausmeßmaßstab. Die nachstehenden Zahlen sind deshalb auf ihn bezogen.

Die Genauigkeit beträgt:

für einen Punkt in offenem Gelände, der einwandfrei einstellbar ist:

mittl. Fehler ± 0,2 mm,
max. Fehler ± 0,6 mm;

Hergestellt durch Hansa Luftbild G.m.b.H., Berlin.

Verkleinerung der Höhenplatte einer im Aeroproj. Multiplex ausgemessenen Karte 1:25 000.

Für das Blatt standen nur 5 trigonometrische Punkte zur Verfügung. Eine vorherige Feldbegehung und Paßpunktbestimmung hat also nicht stattgefunden. Der Ausmessung ging deshalb eine Aerotriangulation voraus. Die gesamte Arbeitszeit für die Ausmessung des ganzen Blattes einschl. der Aerotriangulation betrug ungefähr 200 Arbeitsstunden. Eine terrestrische Prüfung des Blattes ergab für die Höhen einen mittleren Fehler von $\approx \pm 5$ m und für die Lage des Grundrisses $\pm 11{,}8$ m.

für einen Punkt, der nicht ganz einwandfrei einstellbar ist, in Wald, Busch, Heide, Sumpf oder dgl.:

mittl. Fehler ± 0,3 mm,
max. Fehler ± 0,9 mm.

Auf die beiden Kartenwerke 1 : 5000 und 1 : 25 000 bezogen, ergibt sich demnach:

Karte 1:5000

Aufnahmemaßstab 1 : 6000
Ausmeßmaßstab 1 : 3000

Offenes Gelände
mittl. Fehler ± 0,6 m, max. Fehler ± 2,0 m
zulässig ± 3,0 m, max. Fehler ± 9,0 m
Wald
mittl. Fehler ± 0,9 m, max. Fehler ± 3,0 m
zulässig ± 7,0 m, max. Fehler ± 21,0 m

Karte 1:25000
Aufnahmemaßstab 1 : 18 000
Ausmeßmaßstab 1 : 10 000
Offenes Gelände
mittl. Fehler ± 5,0[6] m, max. Fehler ± 15,0 m
zulässig ± 12,0 m, max. Fehler ± 36,0 m
Wald
mittl. Fehler ± 6,0 m, max. Fehler ± 20,0 m
zulässig ± 12,0 m, max, Fehler ± 36,0 m

Die Genauigkeit einer mit dem Multiplex hergestellten Karte entspricht also nach den vorstehenden Genauigkeitswerten den für das betreffende Kartenwerk geltenden Forderungen. Dafür ist aber Voraussetzung, daß eine bestimmte Zahl von Paßpunkten und Höhen gegeben sind. Die Anzahl für eine bestimmte Fläche richtet sich nach dem Aufnahmemaßstab. Um die angeführten Fehlergrenzen einzuhalten, sind für einen Satz von acht Aufnahmen mindestens 4—5 Paßpunkte und Höhen erforderlich. Diese Zahl ist kleiner als die allgemeine photogrammetrische Forderung. Das hat seine Ursache in dem Zusammenschließen mehrerer Bildpaare zu einem Gesamtmodell. Sind weniger Paßpunkte gegeben, ist also eine erweiterte Aerotriangulation vor der Ausmessung notwendig, so geht natürlich der Fehler der Aerotriangulation voll in die Ausmessung ein. Die Dichte von ungefähr 4—5 Punkten je Satz entspricht bei einem Aufnahmemaßstab von 1 : 15 000—18 000 (für die Karte 1 : 25 000) der Dichte des deutschen Triangulationsnetzes. Hier werden durchaus noch die gewünschten und angegebenen Genauigkeiten erreicht. Voraussetzung ist natürlich eine sorgfältige Arbeit, also zweckentsprechender Arbeitsplan und gut ausgebildete Photogrammeter.

Neben den Genauigkeitsvergleichen ist für die Beurteilung des Gerätes auch die Gegenüberstellung der Arbeitszeiten wichtig, da durch diese die Kosten bestimmt werden und sich in vielen Fällen danach überhaupt entscheidet, auf welches Verfahren die Wahl zu fallen hat. Schon die Tatsache, daß das eine Verfahren, die Meßtischtachymetrie, nur im Gelände arbeitet und dadurch restlos abhängig ist von dem Wetter und den Jahreszeiten (so fallen z. B. die Wintermonate ganz aus) und das andere Verfahren (Luftbildmessung) im gegen alle Wettereinflüsse geschützten Raum arbeitet, ergibt einen großen Unterschied in der Arbeitszeit.

Die jährlich mögliche Arbeitszeit beträgt in Deutschland:

Meßtischtachymetrie:

Vom 1. April bis 30. September je Tag 9 Stunden. Wird vor oder nach dieser Zeit noch im Gelände gearbeitet, so verringert sich durch auftretende Nebel und häufigere Regentage die durchschnittliche tägliche Arbeitszeit auf 5 Stunden, die Leistung verringert sich also ganz wesentlich.

Luftbildmessung:

Arbeitszeit das ganze Jahr hindurch. Außerdem steht einer Einrichtung von Tag- und Nachtschichten an den Geräten, wie es bereits vielfach gemacht wird, nichts im Wege.

---

[6] Hier ist eine Erhöhung des errechneten Wertes vorgenommen worden, da der mittl. Fehler mindestens der Zeichengenauigkeit im Maßstab 1 : 25 000 entsprechen muß.

Danach hat also die Luftbildmessung je Jahr, sogar ohne Berücksichtigung aller Wettereinflüsse bei der Meßtischtachymetrie, wesentlich mehr Arbeitsstunden zur Verfügung als die Meßtischaufnahme im Gelände. Dazu kommt. daß einmal durch die Möglichkeit der Aerotriangulation und durch das kontinuierliche Abtasten des Geländes im Gerät noch eine bedeutende Verringerung der für eine bestimmte Fläche aufzuwendenden Arbeitszeit eintreten muß. So stehen sich bei der Herstellung eines Blattes der Karte 1 : 25 000 folgende Gesamtarbeitszeiten gegenüber:

Meßtischtachymetrie: im Durchschnitt 2500 Stunden,
Luftbildmessung: im Durchschnitt 800 Stunden.

In diesen Zahlen sind alle Arbeiten, wie Erkundung, Signalisierung und Verdichtung des Festpunktnetzes, Aerotriangulation, Aufnahmen bzw. Ausmessung und die Kartographie enthalten. Hiernach benötigt man bei Einsatz der Luftbildmessung nur ein Drittel der Arbeitszeit des Meßtisches. Läßt man jetzt die Kartographie weg und betrachtet lediglich die reinen Aufnahme- bzw. Ausmeßzeiten, so ergibt sich ungefähr

Meßtischtachymetrie: im Durchschnitt 1800 Stunden,
Luftbildmessung: im Durchschnitt 180 Stunden,

so daß also hier die Luftbildmessung nur ein Zehntel der Zeit der Meßtischtachymetrie benötigt.

Diese Betrachtung ist notwendig, weil sich in neuerer Zeit die Benutzung der Bleistiftzeichnung als vorläufiges Arbeitsblatt eingeführt hat. Es wird zu diesem Zweck von der fertigen Ausmessung in Bleistift ein Filmdiapositiv hergestellt, von dem für den ersten Bedarf beliebig viel Abzüge auf Korrektostat (maßtreu) oder als Lichtpausen hergestellt werden. Danach kann in Ruhe die kartographische Arbeit durchgeführt werden.

Berichtigung vorhandener topographischer Karten.

Auch für solche Arbeiten gibt es keine andere Möglichkeit, die den Multiplex, wenn man auf Wirtschaftlichkeit Wert legt, ersetzen kann. Das Verfahren ist einfach und zuverläsig. Von dem zu berichtigenden Blatt wird ein Arbeitsblatt als Blaukopie auf Zeichenkarton hergestellt. Zur Ermittlung der Ergänzungen bzw. Berichtigungen wird die Blaukopie unter das Gerät gelegt und hier die Luftaufnahme direkt in das Kartenbild hineinprojiziert. Bei einfachen Ergänzungen oder Berichtigungen des Grundrisses wird hierbei gleich die Eintragung vorgenommen. Größere Flächen des Grundrisses mit vielen kleinen Einzelheiten und Arbeiten an der Geländeform werden im größeren Ausmeßmaßstab ausgeführt und mit Hilfe des angeschlossenen Pantographen auf die Blaukopie übertragen. Paßpunkte sind für eine Berichtigung von Karten nicht notwendig, da die Einpassung des Modells in die Karte selbst erfolgt. Aus ihr können genügend Werte für die Orientierung des Modells entnommen werden. Da bei Berichtigungen meist nur eine Ausmessung auf kleinem Raum in Frage kommt, so ist hierbei auch die Genauigkeit sehr groß und weitaus befriedigend. Berücksichtigt man, daß durch frühere Berichtigungen in die topographischen Karten gelegentlich auch Fehler hineingekommen sind, so ist der Multiplex auch bei dieser Arbeit den anderen Verfahren nicht nur wirtschaftlich, sondern auch in der Genauigkeit und Sicherheit überlegen.

Der Aeroprojektor Multiplex hat sich im Laufe der letzten Jahre als wertvolles Gerät erwiesen, das sich heute schon ein großes Arbeitsgebiet erobert hat. Wenn es noch nicht überall volle Anerkennung fand, so liegt das nicht am Gerät, sondern oft am Arbeitsplan oder auch an der mangelnden Kenntnis der Verfahren. Gewiß kann man durch den Multiplex nicht den Stereoplanigraphen ersetzen, aber es kommt immer wieder darauf an, Genauigkeitsforderungen, Arbeitszeiten und Gerätekosten nach dem Gesichtspunkt der Wirtschaftlichkeit aufeinander abzustimmen. Wie in den allgemeinen Betrachtungen schon angedeutet wurde, kommt es wohl in den meisten Fällen auf eine durchdachte und zweckmäßige Zusammenarbeit beider Geräte bei der Durchführung großer Aufgaben an. Dieses gute Zusammenspiel ist mitbestimmend für das Gelingen des Werkes. Für den Multiplex

werden sich über seine bisherige Verwendung hinaus noch weitere Arbeitsgebiete erschließen lassen. Schon die leichte Betrachtungsmöglichkeit des gesamten Modells hat einen hohen Wert. Der nichtfachmännische Beschauer bekommt sofort den gewünschten Eindruck vom Prinzip, Arbeiten des Gerätes und von dem Modell selbst. Diese leichte Betrachtung hat noch besondere Vorteile. Planende Bauingenieure, Städtebauer, Soldaten, Geographen, Geologen, Morphologen usw. können an Hand eines wirklich maßstäblichen Modells ihre Projekte entwerfen, bzw. ihre Entschlüsse fassen oder Schlüsse ziehen. Mit Recht hat sich daher der Multiplex in wenigen Jahren schon ein sehr großes Arbeitsfeld erobert und nicht nur in Deutschland, sondern auch in vielen anderen Ländern zweckmäßige Anwendung gefunden.

Bildmessung und Forschung

Von Dr.-Ing. O. Raab, Berlin.

Die Erforschung von Naturerscheinungen setzt einwandfreie, unabhängige Beobachtungen voraus, die in möglichst großer Zahl vorliegen sollen. Da viele Naturerscheinungen zu unbekannter Zeit und plötzlich auftreten, ist aber nur selten ein Fachmann zur Stelle, der die Beobachtung und Berichterstattung durchführen könnte, und auch der Fachmann kann sich täuschen und nicht immer Sicheres über den Ablauf der Erscheinungen aussagen.

In den meisten Fällen stützt man sich auf unmittelbare Beobachtungen, allenfalls auf einfache photographische Aufnahmen, und nur ausnahmsweise liegen Stereoaufnahmen vor, die in der Regel aber nicht ausgemessen werden. Da die Erfassung geometrischer Zusammenhänge, die genaue Ermittlung der Flugbahn oder der Oberflächengestaltung eines Objektes meist eine wichtige Rolle spielen, ist die stereophotographische Aufnahme als ein wichtiges Hilfsmittel der Forschung zu betrachten. Durch das Stereogramm wird uns eine wertvolle Meßurkunde an die Hand gegeben, die oft weitgehende Aufschlüsse über den tatsächlichen Ablauf der Erscheinungen geben kann. Es sei hier nur hingewiesen auf die Möglichkeit der stereophotogrammetrischen Erfassung von Meteoritenfällen, der Flugbahn von Sternschnuppen und Leuchtkugeln, wobei besonders der Anfangs- und Endpunkt der Bahn von Interesse ist. In der Astronomie können auch Aufnahmen, die viele Jahrzehnte auseinander liegen, einen Einblick in den Aufbau weit entfernter Sterngruppen geben. Auf allen Gebieten der Forschung kann schließlich die Bildmessung und Raummessung mit bestem Erfolg herangezogen werden.

Liegt nur eine Einzelaufnahme vor, so ist die Deutung des Bildinhaltes oft mit Schwierigkeiten verknüpft; doch kann unter Umständen auch die Einzelaufnahme wichtige Anhaltspunkte bezüglich der Größe und Gestalt des erfaßten Gegenstandes geben, besonders wenn Objektpunkte mit abgebildet sind, deren Lage bekannt ist oder sich nachträglich bestimmen läßt.

So konnte beispielsweise der ungefähre Durchmesser einer Blitzkugel auf Grund einer einfachen photographischen Aufnahme (Abb. 1) ermittelt werden. Den Kugelblitz hat Herr Christian Schwarz (Karlsruhe-Rüppurr in Baden), Photograph bei der ehemaligen Topographischen Abteilung im Badischen Finanz- und Wirtschaftsministerium, aufgenommen und dem Verfasser dankenswerterweise zur Verfügung gestellt.

Es handelt sich um eine Zufallsaufnahme während eines außergewöhnlich schweren Gewitters in einer Sommernacht. Aus dem Schlafe gestört, wollte Herr Schwarz irgendeinen Blitz photographisch erfassen, stellte an einem Fenster seiner Wohnung die photographische Kammer auf, öffnete den Verschluß und wartete zu — als im Vordergrund, in etwa 150 m Entfernung, plötzlich eine große feurige Kugel in unregelmäßigen Bahnen durch die Luft sprang, um ebenso rasch, wie sie erschienen war, wieder zu verschwinden. Ein Kugelblitz war photographisch erfaßt.

Aus der bekannten Brennweite der Aufnahmekammer und der Lage mitabgebildeter ruhender Objekte konnte nun nachträglich die ungefähre Entfernung der Erscheinung vom

Aufnahmeort ermittelt und somit auch der Durchmesser der Blitzkugel näherungsweise errechnet werden; er ergab sich zu rund 1 m.

An Hand einer Stereoaufnahme hätte man leicht die räumliche Bahn der Blitzkugel festlegen können und damit weitgehende Aufschlüsse über diese Erscheinung gewonnen. Aber auch die vorliegende einfache Aufnahme ist schon als ein wertvolles Dokument anzusehen und kann zur Klärung dieser noch wenig erforschten Erscheinung wohl beitragen.

Kugelblitze treten äußerst selten auf; ihr Vorkommen wird vielfach noch bestritten. Im einschlägigen Schrifttum sind bisher nur wenige Fälle verzeichnet, in denen Kugelblitze von glaubwürdigen Zeugen beobachtet wurden. So erzählt u. a. eine Dame aus Italien: sie habe an einem wolkenlosen Tage, auf dem Balkon ihres Hauses sitzend, plötzlich auf dem Balkongeländer eine feurige Kugel in der Größe einer Orange beobachtet, die — einen Augenblick stillstehend, dann dem Geländer entlang gleitend — auf den Leitungsdraht einer elektrischen Straßenbahn hüpfte, auf dem Draht weitertanzte, um rasch wieder den Augen zu entschwinden. Ein anderes Mal wurde, ebenfalls in Italien, an einem heiteren wolkenlosen Tage eine größere Blitzkugel beobachtet, die ein Kind auf freiem Felde getötet hat. Es wird von Kugelblitzen verschiedener Größe, von etwa 5 cm bis über 1 m Durchmesser berichtet, sie erschienen während eines Gewitters oder auch bei völlig heiterem Himmel. Gemeinsam ist allen Berichten, daß die Kugel völlig regellose Bahnen beschreibt, bald stillsteht oder hüpfende Bewegungen ausführt, um sich plötzlich wieder mit großer Geschwindigkeit fortzubewegen.

Obwohl der Verfasser den Photographen der hier abgebildeten Kugelblitzerscheinung seit vielen Jahren persönlich kennt und an seinen Aussagen nicht im geringsten zweifelt, so handelt es sich doch um eine so seltene Erscheinung, daß man zum Widerspruch gereizt wird und versucht sein mag, die Echtheit der Aufnahme zu verneinen, weil sich das Dokument vielleicht nicht recht in den Rahmen des bereits Bekannten einfügen läßt.

Die vorliegende photographische Aufnahme soll daher genauer untersucht werden, um etwaigen Einwänden im voraus zu begegnen. Insbesondere soll festgestellt werden, daß die Erscheinungsformen im Bilde mit den Angaben des Beobachters übereinstimmen, eine sich im Raum bewegende oder rollende leuchtende Kugel also auf der photographischen Platte tatsächlich ein solches Bild erzeugen kann.

Die Aufnahme (Abb. 1) zeigt Umrisse von Häusern und Bäumen, rechts im Hintergrund einen Linienblitz, im Vordergrund einen Kugelblitz. Nach Angaben des Photographen erfolgte die Aufnahme mit einer feststehenden Kammer 9 × 12 cm bei offener Blende. Im Hintergrund ist eine gewisse Unschärfe festzustellen, während der Vordergrund gut gezeichnet erscheint. Jedenfalls zeigt die Erscheinung viele Einzelheiten, was dafür spricht, daß die Einstellung der Aufnahmeentfernung zufällig ziemlich genau getroffen wurde.

Die im Bilde festgehaltene Erscheinung läßt nun weiter die durchaus ungezwungene Erklärung zu, daß sich eine leuchtende Kugel in unregelmäßiger Bahn mit sehr unterschiedlicher Geschwindigkeit über das Gelände bewegt hat. Da die Reproduktion des photographischen Bildes nicht mehr alle Einzelheiten erkennen läßt, wurde eine Pause hergestellt, in die alle Linien, die das Original noch zeigt, eingetragen und die Kontraste so weit verstärkt wurden, daß sie deutlich sichtbar wurden. Die Pause wurde mitsamt dem photographischen Bilde reproduziert. Diese in Abb. 2 wiedergegebene Darstellung zeigt deutlich, daß die Erscheinung überall von Kreisbogen annähernd gleichen Halbmessers oder von geraden Linien begrenzt ist — die geometrische Form in der Abbildung entspricht also genau einer sich im Raum bewegenden oder rollenden Kugel.

Die naheliegende Annahme, daß der Kern der Blitzkugel eine höhere Temperatur und Leuchtkraft hat und somit stärker auf die lichtempfindliche Emulsion der photographischen Platte einwirken kann als die ihn umgebende Hülle, führt unter Berücksichtigung der Gesetze der photographischen Abbildung zu einer einfachen Deutung. An vielen Stellen ist die Kugel deutlich als Kreisfläche abgebildet, die heller oder dunkler erscheint, je nach-

dem die Kugel wohl länger in einem Punkte verblieben ist, oder rasch ihre Lage geändert hat, ob sie sich in der Richtung vom oder zum Aufnahmeort oder aber parallel zur Bildebene bewegt hat (Abb. 2). Neben einer Reihe weiß erscheinender Kreisflächen kann man eine Unzahl schwächerer Abbildungen erkennen und schließlich bleibt lediglich noch der helle „Kern" mit einem schwächeren „Mantel" sichtbar. Bei gleichförmiger Geschwindigkeit und zur Bildebene genähert paralleler Bahnebene erscheint die Kugel in der Abbildung wie ein Band mit einem hellen Mittelstreifen. Die scheinbare Breite ist überall annähernd gleichgroß. Man kann deutlich wahrnehmen, an welchen Stellen sich — vom Aufnahmeort gesehen — die Bahnlinien kreuzten. Der helle Mittelstreifen mündet immer wieder genau im Mittelpunkt der kreisförmigen Gebilde, alle Kugelbilder stehen miteinander in Verbindung. In den „Wendepunkten" der Kurve, d. h. an den Stellen, wo sich die Kugel im wesentlichen in der Aufnahmerichtung bewegte, ihre scheinbare Geschwindigkeit sich also wohl verringerte, wird die Kugel regelmäßig als Scheibe gesehen. Man kann noch mehr sagen: Bekanntlich verbreitern sich in der photographischen Abbildung die Lichter regelmäßig auf Kosten der Schatten, so daß der Durchmesser einer leuchtenden Kugel auf dunklem Grunde unter sonst gleichen Bedingungen größer erscheint, wenn das Licht länger auf die photographische Platte einwirken konnte, die Kugel also länger auf ein und derselben Stelle verblieb. Schließlich gibt auch der Grad der Schwärzung einen Anhaltspunkt für die Dauer der Lichteinwirkung.

Es ist, als ob sich eine riesige kugelförmige Lampenglocke aus schwach mattiertem Glas, in deren Mitte sich eine helleuchtende Glühbirne befindet, im Bildfeld der Aufnahmekammer bei Nacht über das Gelände bewegt und dabei ruckartige Bewegungen ausgeführt hätte; denn die Glühbirne würde sich hierbei als „Kern" abbilden und die erleuchtete Glasglocke den „Mantel" erzeugen; verbliebe die Lampe länger in einer bestimmten Lage, so würde die Glühbirne die ganze Glocke überstrahlen, die nunmehr in der Abbildung als weiße Scheibe sichtbar wäre.

Gerade der Blitzforschung kann die Bildmessung wertvolle Unterlagen an die Hand geben. Man könnte beispielsweise bestimmte Gebiete während nächtlicher Gewitter regelmäßig stereophotogrammetrisch aufnehmen, die Einschlagstellen in einer Karte geometrisch genau festlegen und schließlich die Häufigkeit der Einschläge in Abhängigkeit vom Ort ermitteln oder andere Fragen klären, deren Beantwortung wichtig erscheint.

Ein vom Verfasser an der italienischen Riviera aufgenommenes Stereogramm zeigt eine Luftspiegelung (Abb. 3); es handelt sich hierbei um eine Gegenlichtaufnahme mit hochempfindlichen panchromatischen Platten bei kleinster Blende und kürzester Belichtungszeit. Man wird zunächst an eine Doppelbelichtung derselben Platte denken. Beachtet man aber, daß drei Aufnahmepaare, die in kurzen Zeitabständen hergestellt wurden, diese Erscheinung zeigen, daß die Spiegelung weitaus schwächer wiedergegeben ist als der darunterliegende Strand und nur bei besonders hartem Kopieren sichtbar wird, die Erscheinung schließlich auch keinerlei Einzelheiten mehr erkennen läßt, so kann man nicht wohl daran zweifeln, daß hier tatsächlich eine interessante meteorologische Erscheinung festgehalten wurde, die mit dem Auge im allgemeinen vielleicht nicht wahrgenommen, wohl aber von der photographischen Platte noch aufgenommen wird. Es handelt sich vermutlich um eine Spiegelung von Gestalten, die sich irgendwo in der Nähe des Strandes aufhielten.

Bekanntlich treten Luftspiegelungen an der Grenze von Land und Meer besonders häufig auf, es kann sich sowohl um die Spiegelung weit entfernter als auch nahegelegener Objekte handeln, die je nach der augenblicklichen Gestalt und Lage des Luftspiegels vergrößert oder verkleinert, aufrecht oder verkehrt erscheinen. Ist die Gestalt und die Größe der gespiegelten Objekte bekannt, so lassen sich mittelbar auch Rückschlüsse auf Gestalt und Lage des Luftspiegels im Augenblick der Aufnahme ziehen.

Abbildung 5. Luftspiegelung im Raumbild,
Gegenlichtaufnahme mit orthochromatischen und lichthoffreien Platten an der italienischen Riviera.
Belichtungszeit $^1/_{150}$ Sekunde, Blende 1 : 36.

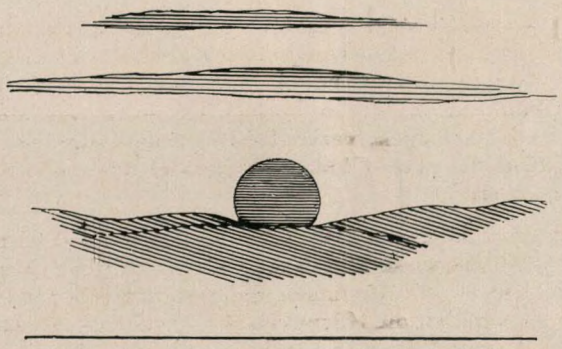


Abbildung 6 (vgl. Abb. 5).
Schematische Darstellung der mit dem Auge wahrgenommenen Einzelheiten während des Sonnenunterganges.

Abbildung 7.
Aufnahme bei völliger Nacht für das Auge.

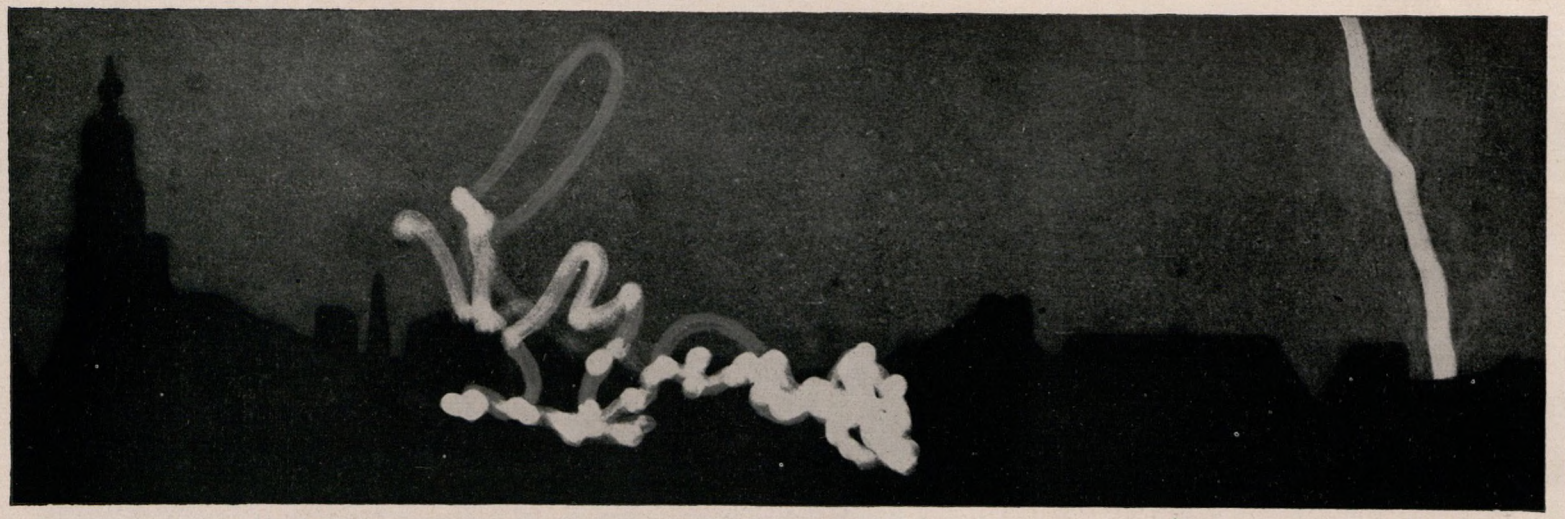


Abbildung 1. Photographische Aufnahme eines Kugelblitzes während eines schweren Gewitters in einer Sommernacht. Rechts im Hintergrund ist noch ein Linienblitz abgebildet. Abbildungsmaßstab etwa 1 : 500.

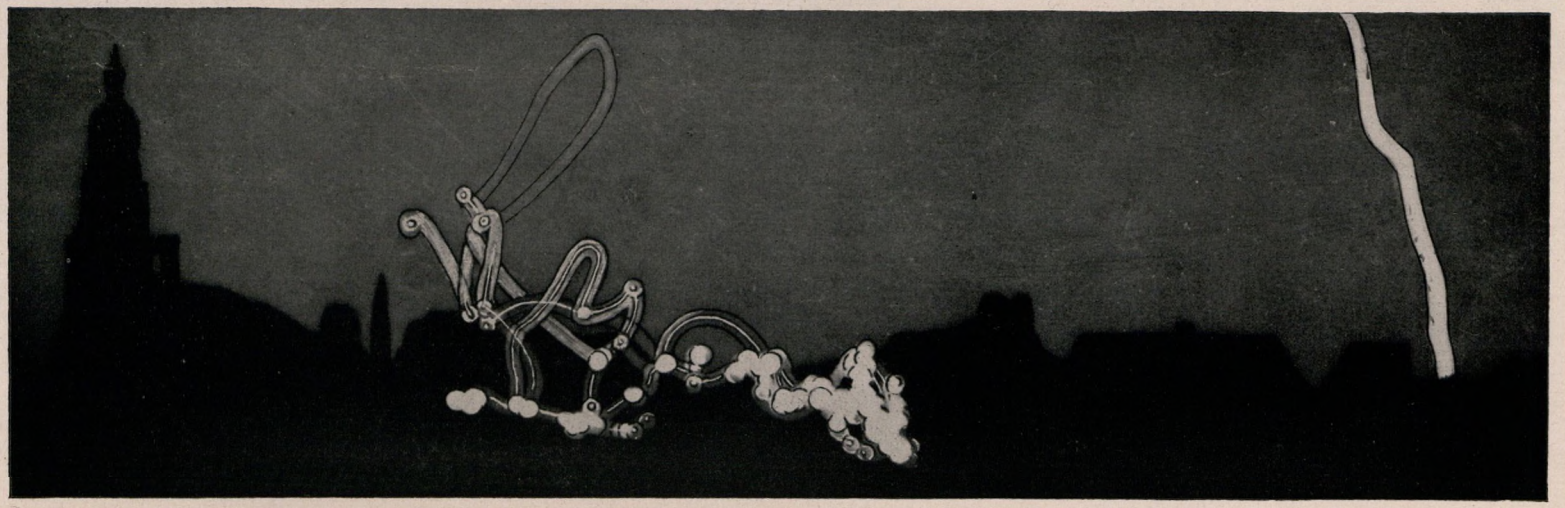


Abbildung 2. Erläuternde Darstellung zu Abbildung 1. Die im Original sichtbaren Begrenzungslinien wurden auf einer Pause ausgezeichnet und die Kontraste teilweise etwas verstärkt. Bei der Reproduktion wurde das photographische Bild unter die Pause gelegt.

Abbildung 4. Infrarot-Aufnahme der Sonne um die Mittagszeit.

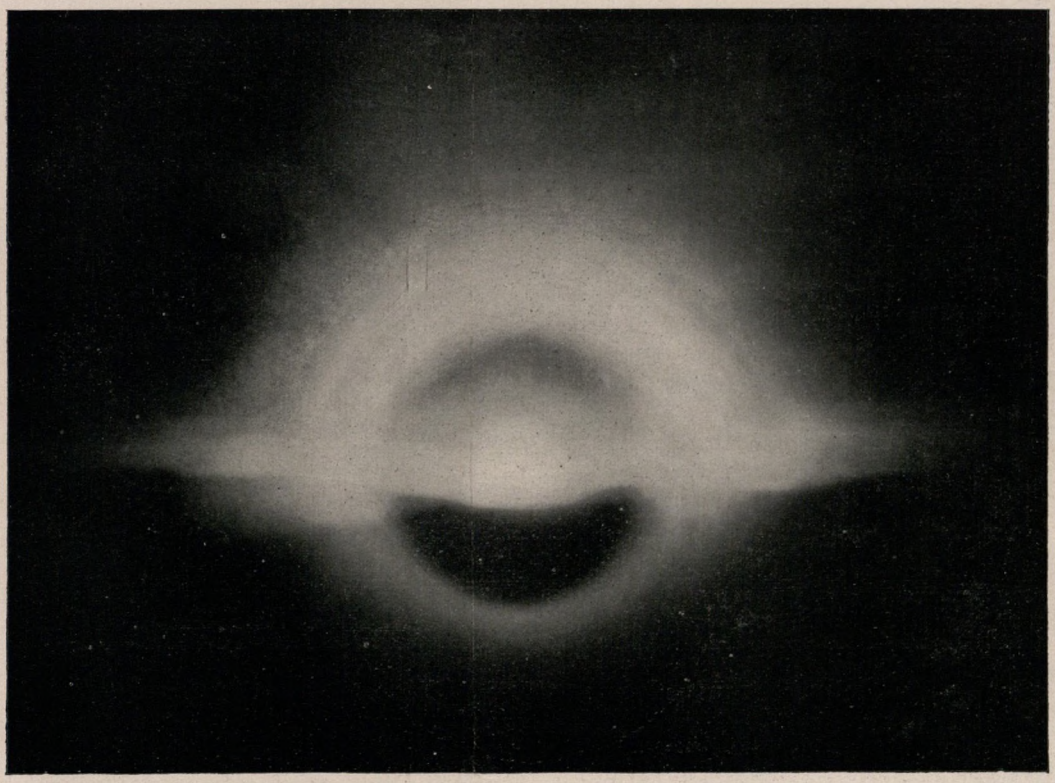


Abbildung 5. Infrarot-Aufnahme des Sonnenunterganges.
Aufgenommen vom Herzogenhorn (Schwarzwald) gegen die Vogesen.

Eine besondere Bedeutung kommt der Bildmessung bei der Festlegung unsichtbarer Vorgänge zu, soweit diese photographisch noch erfaßbar sind. Es kann sich um Objekte handeln, die für unser Auge völlig unsichtbar sind, in anderem „Licht" erscheinen, um Gegenstände also, die ausschließlich oder vorwiegend Lichtstrahlen aussenden, deren Wellenlänge größer als 700 mμ oder kleiner als 400 mμ ist (ultrarot von 700 bis 1200 mμ, ultraviolett von 200 bis 400 mμ und das sogenannte Schumann-Gebiet von 100 bis 200 mμ). Besondere Vorteile bietet die Ultra- oder Infrarot-Photographie bei Fernaufnahmen; sie wird aber auch bei Nahaufnahmen wertvolle Dienste leisten, sofern sie nämlich mehr Einzelheiten des zu erfassenden Objektes wiederzugeben vermag. Eine andere Wiedergabe der Tonwerte ist für die meßtechnische Verwertung der Bilder nicht immer von Nachteil. In vielen Fällen wird gerade die „falsche" Tonwertwiedergabe wichtige Aufschlüsse über die Beschaffenheit der Objekte geben und damit oft auch dort noch Ausmessungen ermöglichen, wo das gewöhnliche Aufnahmematerial nichts mehr erkennen läßt. So heben sich z. B. durch grünen Farbanstrich getarnte Bauwerke im Wiesengelände deutlich von der Umgebung ab.

In Abb. 4 ist eine Infrarot-Aufnahme der Sonne wiedergegeben. Die Aufnahme wurde bei wenig bewölktem Himmel mit Infrarot-Platten 800 mμ und Schwarzscheibe bei einer Belichtungszeit von 3 Sekunden um die Mittagszeit durchgeführt. Der blaue Himmel erscheint im Positivbild schwarz, während die Sonne mit einem Strahlenkranz umgeben ist. Auch eine Infrarot-Aufnahme des Vollmondes ließ einen schwachen Strahlenkranz erkennen, den das Auge nicht wahrgenommen hatte. Besonders interessant ist die in Abb. 5 wiedergegebene Infrarot-Aufnahme des Sonnenunterganges. Während das Auge nur den rotgelben Sonnenball und die darüber liegenden Wolken wahrnehmen konnte (Abb. 6), zeigt die Infrarot-Aufnahme außerdem einen zarten Wolkenschleier vor dem Sonnenball und einen riesigen Strahlenkranz, der sich noch weit vor den Bergen ausbreitet. Durch gleichzeitige Aufnahme des Sonnenunterganges von zwei verschiedenen Standorten und die meßtechnische Verwertung der Bilder könnte man wohl mancherlei wichtige Aufschlüsse über die Wärmeverteilung in der Atmosphäre während des Sonnenunterganges gewinnen, besonders wenn man etwa das Infrarot-Stereogramm mit einem gewöhnlichen, gleichzeitig aufgenommenen Stereogramm vergleicht.

Für manche Zwecke ist es von Bedeutung, Aufnahmen bei völliger Nacht für das menschliche Auge herzustellen. Es können dabei einfache Glühlampen, oder besser Spezial-lampen, die besonders viele Infrarot-Strahlen abgeben, Verwendung finden, wobei die sichtbaren Strahlen durch eine geeignete Schwarzscheibe abzuhalten sind. Eine solche Nachtaufnahme ist in Abb. 7 wiedergegeben. Hierbei diente eine mit Schwarzscheibe abgeschirmte Lichtmaschine von 1 Million Kerzen zur Anstrahlung des Geländes. Die Belichtungszeit betrug bei Verwendung von Infrarot-Material 800 mμ und Blende 1 : 4,5 etwa 4 Minuten. Bei einer anderen Aufnahme wurde eine einfache, mit Schwarzscheibe abgeschirmte 500-Watt-Lampe benutzt. Es zeigte sich, daß die 500-Watt-Lampe in einem gewissen Bereich wohl ebensoviel Infrarot-Strahlen abgab wie die Lichtmaschine, da beide Aufnahmen bei gleicher Belichtungszeit annähernd gleichwertig waren. Praktisch von Wert wäre es, Lichtquellen zu schaffen, die in besonders hohem Maße Infrarot-Strahlen abgeben, damit man bei nicht zu langer Belichtungszeit auch auf größere Entfernungen Nachtaufnahmen herstellen kann.

Die vorstehenden Ausführungen wollen dazu anregen, die Bildmessung und Raumbildmessung in größerem Umfange in den Dienst der Forschung zu stellen, als dies bisher der Fall war; insbesondere dort, wo die zu vermessenden Objekte mit dem Auge überhaupt nicht mehr wahrgenommen werden, oder die Erscheinungen viel zu flüchtig sind, als daß die visuelle Beobachtung genügen könnte. Auch bei der Vermessung von Objekten, die für das Auge deutlich sichtbar sind und sich nicht in Bewegung befinden, wird die Photographie des „Unsichtbaren" mit Vorteil herangezogen. Infolge der Unzulänglichkeit

der menschlichen Sinne sind unmittelbare Beobachtungen oft unsicher und somit auch die darauf gegründeten Erklärungen und Hypothesen. In der Astronomie, der Meteorologie, der Anthropometrie, der Experimentalphysik und überall dort, wo der exakten Beobachtung und Messung eine grundlegende Bedeutung zukommt, sollte das Bildmeßverfahren in weit größerem Umfang eingesetzt werden; denn Photogramm und Stereophotogramm sind Urkunden von kaum zu übertreffender Beweiskraft, und schließlich läßt sich unter Verwendung geeigneter Aufnahmegeräte und Ausmeßvorrichtungen bei zweckentsprechenden geometrischen Aufnahmebedingungen auch jede zu fordernde Genauigkeit erzielen. In vielen Fällen genügt eine einfache Aufnahmekammer oder Stereokammer, um mit Hilfe geeigneter Emulsionen mancherlei interessante Naturerscheinungen im Bilde oder Raumbilde festhalten und damit Unterlagen für eine genaue Auswertung schaffen zu können.

Horizontbilder und ihre Verwendung[1]

Von W. Brucklacher, Jena.

Der Wunsch, die Luftbildmessung von der engen Bindung an erdgemessene Unterlagen einigermaßen frei zu machen und so die Wirtschaftlichkeit zu steigern, führte dazu, gewisse Elemente der äußeren Orientierung der Meßbilder, die durch die übliche optisch-mechanische Einpaßmethode vielfach mit systematischen Fehlern behaftet erhalten werden, bei der Aufnahme selbst zu bestimmen. Die Registrierung eines Statoskopes ermöglicht die Bestimmung der Standpunkts-Höhenunterschiede, die Abbildung des Horizontes die Ermittlung der Bildneigung und unter Umständen der Bildverkantung.

Von Zeiss-Aerotopograph sind zwei Typen von Meßkammern entwickelt worden, die neben der Einrichtung für Statoskopregistrierung gleichzeitig mit dem Meßbild den Horizont

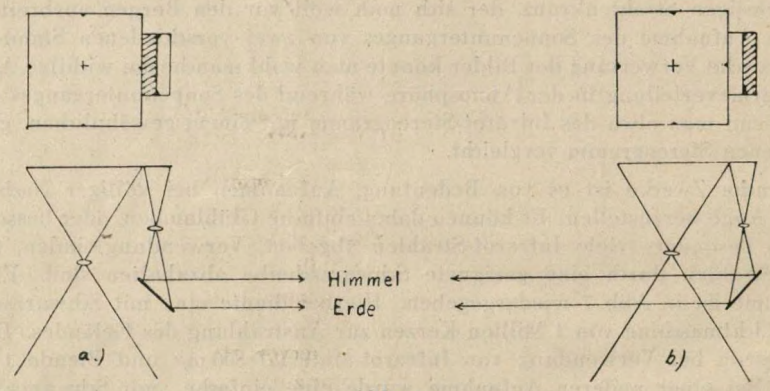


Abb. 1.
Horizontzusatzkammer a) Blickrichtung vom Strahlenkegel des Hauptbildes abgewendet,
b) Blickrichtung durch den Strahlenkegel des Hauptbildes

festzuhalten gestatten. Es sind dies einmal die Normalkammertypen RMK S 1818, RMK P 10 und RMK 20/3030 mit Anschluß einer Horizont-Zusatzkammer und weiter eine Sonderkonstruktion RMK HS 1818 mit gleichzeitiger Abbildung von zwei Horizonten in zueinander senkrechten Blickrichtungen auf dem Meßfilm des Hauptbildes.

An sich genügt ein Horizontbild zur Ableitung der Bildneigung, die im allgemeinen in zwei zueinander senkrechten Komponenten in Richtung der Bildseiten angegeben wird. Dabei

[1] Unter gleichem Titel ist in „Photogrammetria", Jahrgang III, 1940/2, ein mehr grundsätzlicher Artikel von O. v. Gruber veröffentlicht worden. In teilweiser Ergänzung dazu bringt der vorliegende Aufsatz auch einiges über die Technik der Auswertung der Horizontbilder. Der Verfasser.

ist allerdings für die Neigungskomponente in der Horizontblickrichtung selbst die Kenntnis der Kimmtiefe erforderlich. Die Kammer mit zwei Horizontbildern gibt beide Komponenten ohne Kimmtiefenkorrektur, bzw. es sind durch die mögliche doppelte Bestimmung jeder der beiden Komponenten wertvolle Kontrollen gegeben.

I. Darstellung der Horizontabbildung.

Horizontzusatzkammern werden an besonders bearbeiteten Ansatzflächen an den Außenseiten der Hauptkammern angesetzt. Daraus ergeben sich bestimmte Zuordnungen der Horizontbilder zu den Meßbildern, wodurch dann bei der Ausmessung leicht Richtung und

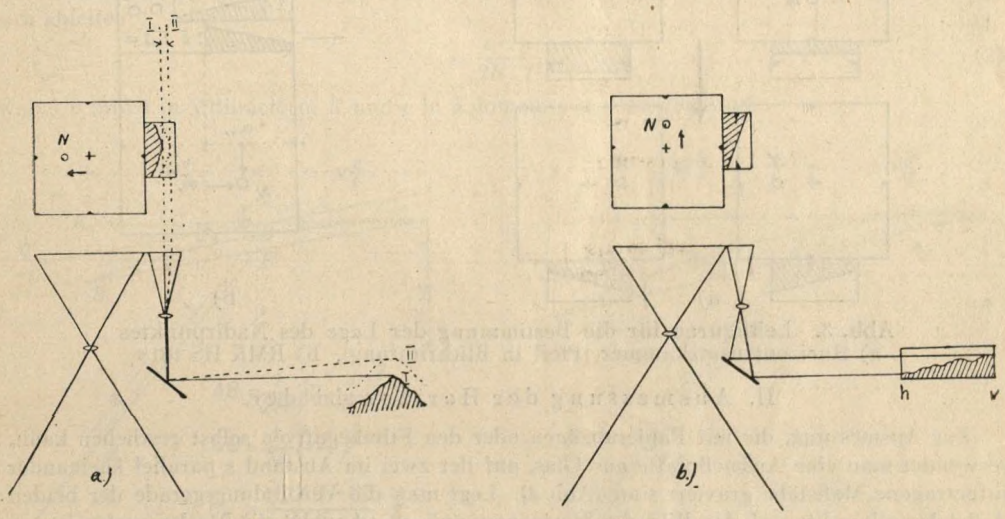


Abb. 2. Wirkung der Kammerneigung auf die Horizontabbildung
a) Kammerneigung in der Blickrichtung, b) Kammerneigung quer zur Blickrichtung

Vorzeichen der einzelnen Bildneigungskomponenten bestimmt werden können. Ein je nach Aufnahmedisposition und Sichtverhältnissen möglicher Wechsel der Blickrichtung des Ausblickprismas der Horizontzusatzkammer um 200^{g} ist aus der Lage der Erde und des Himmels in den gegen das Senkrechtbild orientierten Horizontbildern erkennbar (Abb. 1). Den schematischen Darstellungen (Abb. 2) läßt sich weiter entnehmen, daß eine Neigung in der Blickrichtung der Horizontkammer eine parallele Versetzung der Horizontlinie zur Komparationslinie — Verbindungslinie der Meßmarken — hervorruft, eine Drehung um die Blickrichtung dagegen eine Drehung der Horizontlinie zur Komparationslinie zur Folge hat. Der Sinn der Verschiebung bzw. der Drehung hängt dabei auch von der Blickrichtung des Ausblickprismas der Horizontkammer ab.

Dieselben Betrachtungen gelten sinngemäß für die beiden Horizontbilder der Kammer RMK HS 1818, wobei dort allerdings eine Drehung der Ausblickprismen durch eine entsprechende Verkantung der ganzen Kammer ersetzt wird. Zur Kennzeichnung der Zuordnung der beiden Horizontbilder sind Marken angebracht; das obere Horizontbild (I) ist mit einem, das untere (II) mit zwei Punkten bezeichnet. Ebensolche Markierungen tragen die Seiten des Hauptbildes (Abb. 3 b).

Auf Grund der in den Abb. 2 gezeigten Zusammenhänge zwischen der Lage der abgebildeten Horizontlinie im Horizontbild und der wirklichen Lage der Aufnahmekammer ist eine vorzeichenmäßige Festlegung der Neigungswerte möglich. Um jedoch von vornherein Vorzeichenfehler auszuschalten — besonders im Hinblick auf die nachherige Verwendung der Neigungswerte zur Einstellung in Auswertegeräten mit verschiedenen Drehsystemen oder bei wechselnder Verwendung von Negativen und Diapositiven — ist es zweckmäßig, die

Lage des Nadirpunktes im Hauptbild in bezug auf das Bildkoordinatensystem festzustellen. Die in der Abb. 3 a dargestellten Leitfiguren zeigen, wie die Lage des Nadirpunktes für Bilder der Horizontzusatzkammer, die Abb. 3 b, wie sie für Bilder der Kammer mit zwei Horizonten zu ermitteln ist.

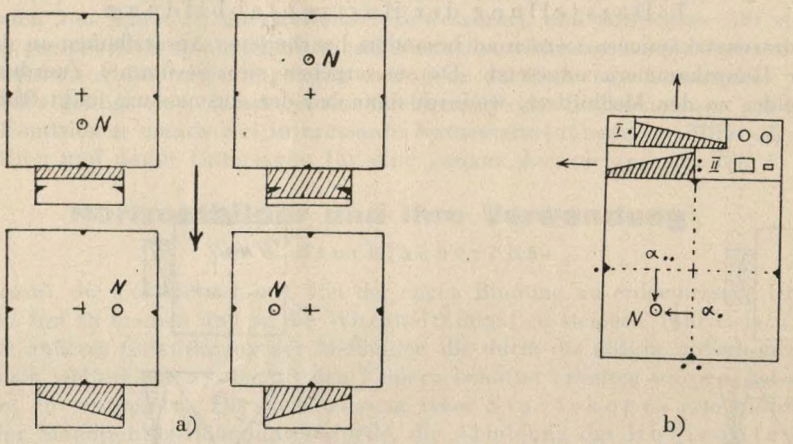


Abb. 3. Leitfiguren für die Bestimmung der Lage des Nadirpunktes
a) Horizontzusatzkammer (Pfeil in Blichrichtung), b) RMK HS 1818

II. Ausmessung der Horizontbilder.

Zur Ausmessung, die mit Papierabzügen oder den Filmnegativen selbst geschehen kann, verwendet man eine Ausmeßplatte aus Glas, auf der zwei im Abstand s parallel zueinander aufgetragene Maßstäbe graviert sind (Abb. 4). Legt man die Verbindungsgerade der beiden Maßstabsnullpunkte auf das Bild des Horizontes auf, so schneidet die Markenverbindungslinie von den beiden Maßstäben Längen von den Größen l und r ab. Es ergeben sich daraus die einfachen Beziehungen

$$\alpha^g = \frac{l-r}{s} \cdot \varrho^g$$

$$\beta^g = \frac{l+r}{2f} \cdot \varrho^g$$

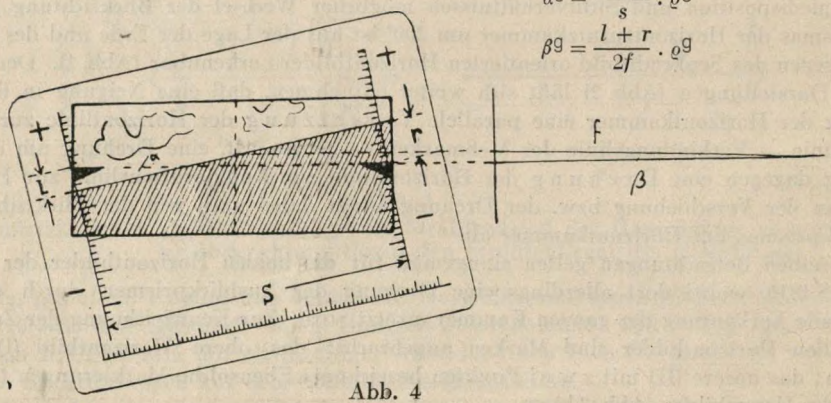


Abb. 4

Wählt man zur rechnerischen Vereinfachung das Teilungsintervall p der beiden Maßstäbe so, daß das Verhältnis $p : s = 1 : \varrho^g$ wird, so nehmen beide Gleichungen die Form an

$$\left.\begin{aligned} \alpha^g &= l - r \\ \beta^g &= (l + r) \cdot c \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

wobei $c = \frac{s}{2f}$ ist.

Während der Wert α direkt die Bildneigung quer zur Blickrichtung darstellt, ist der Wert β noch um Kimmtiefen- und Erdkrümmungskorrektur zu verbessern. Die Kimmtiefe τ ist bekanntlich [5] dargestellt durch $\tau = \varrho \sqrt{\frac{1-k}{R} \cdot 2h}$, wobei k der Refraktionskoeffizient, R der Erdhalbmesser und h die Flughöhe je in Kilometern sind. Da bei der Ausmessung der Horizontbilder in den meisten Fällen als Horizontlinie die Sekante an Stelle der Tangente an das Bogenstück des Horizontes verwendet wird, ist für absolute Neigungsbestimmungen noch eine Erdkrümmungskorrektur σ anzubringen, die als Funktion der Entfernung e der Horizontlinie vom Aufnahmestandpunkt dargestellt werden kann. Aus der Abb. 5 a läßt sich ableiten:

$$\sigma_\beta = \frac{v^2 \cdot \varrho}{2R \cdot f^2} \cdot e \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

wobei v und f in Millimetern, R und e in Kilometern einzusetzen sind.

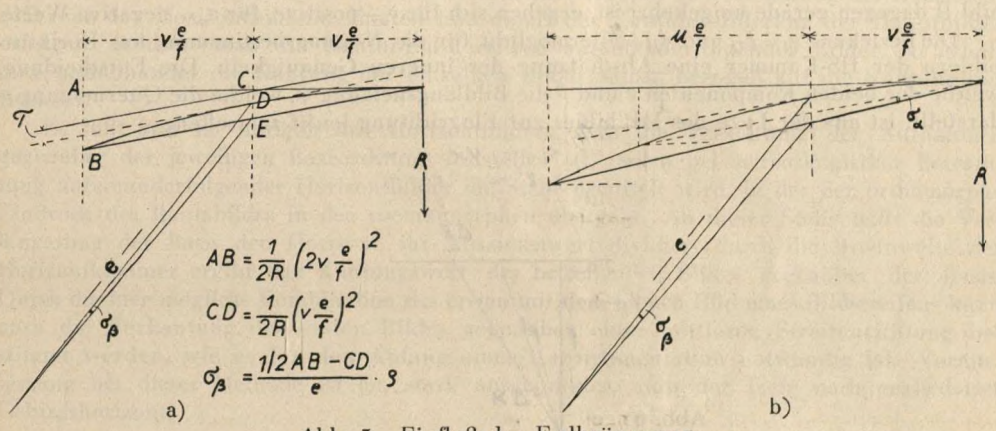


Abb. 5. Einfluß der Erdkrümmung

Die Korrekturen τ und σ_β, die zweckmäßig für verschiedene Flughöhen bzw. verschiedene Sichtweiten e tabuliert werden (Tab. 1), sind stets negativ, d. h. die Horizontlinie ist um die betreffenden Beträge in Richtung gegen den Himmel versetzt zu denken.

Tabelle 1.

Flughöhe (m)	1	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000
Kimmtiefe τ^g	2	0,74	1,05	1,29	1,49	1,66	1,82	1,97	2,10	2,23	2,35
Sichtweite e (km)	3	86	121	148	171	192	210	226	242	256	271
σ_α^c (für RMK HS 1818)	4	6,2	8,7	10,6	12,3	13,8	15,1	16,3	17,4	18,4	19,5
σ_β^c (für RMK HS 1818)	5	5,3	7,4	9,1	10,5	11,8	12,9	13,9	14,9	15,8	16,7
$\tau + \sigma_\beta^g$ (für RMK HS 1818)	6	0,79	1,12	1,38	1,59	1,78	1,95	2,11	2,25	2,39	2,52
σ_β^c (für Horizontzusatzkammer)	7	6,2	8,8	6,1	12,4	13,9	15,2	16,4	17,5	18,7	19,6

Für die Horizontbilder der RMK HS 1818 ändern sich die Formeln etwas, da die Bildhauptpunkte hier nicht mit den Formatmitten zusammenfallen, sondern aus Gründen der konstruktiven Anordung der Objektive etwas seitlich verschoben in der Haupthorizontalen liegen. Setzt man das Verhältnis der Abstände der beiden seitlichen Bildränder zum Bildhauptpunkt wie $u : v$, so ergibt sich unter Berücksichtigung der Teilungsintervalle der Maßstäbe der Ausmeßplatte, der Kimmkorrektur und des Einflusses der Erdkrümmung:

$$\left.\begin{array}{ll} \text{aus Horizontbild I} & \alpha_I = -(l_I - r_I) + \sigma_{\alpha I} \\ & \beta_I = -(v_I l_I + u_I r_I) \,.\, c + \tau_I + \sigma_{\beta I} \\ \text{aus Horizontbild II} & \alpha_{II} = (l_{II} - r_{II}) - \sigma_{\alpha II} \\ & \beta_{II} = (v_{II} l_{II} + u_{II} r_{II}) \,.\, c - (\tau_{II} + \sigma_{\beta II}) \end{array}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)^2$$

wobei $c = \frac{s}{(u+v) \,.\, f}$ ist.

Die Erdkrümmungskorrektur σ_β ist hier $\sigma_\beta = \frac{u \,.\, v \,.\, \varrho}{2R \,.\, f^2} \,.\, e$ . . . . . (2')

Dabei ist zu beachten, daß bei Verwendung unsymmetrischer Teile der Horizontlinie die Erdkrümmung auch noch einen Beitrag zu den α-Werten gibt (Abb. 5 b). Es ist, wieder als Funktion der Sichtweite e,

$$\sigma_\alpha = \frac{(u-v) \,.\, \varrho}{2R \,.\, f} \,.\, e \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

Da bei der HS-Kammer das Verhältnis von $u : v$ für Horizontbild I wie 3 : 2, für Horizontbild II dagegen gerade umgekehrt ist, ergeben sich für $\sigma_{\alpha I}$ positive, für $\sigma_{\alpha II}$ negative Werte.

Die Beziehung $\alpha_I = \beta_{II}$ und $\alpha_{II} = \beta_I$ ermöglicht für die Neigungsbestimmung aus Horizontbildern der HS-Kammer eine Abschätzung der inneren Genauigkeit. Die Entscheidung, welche der beiden Komponenten α und β die Bildlängsneigung φ, welche die Querneigung ω darstellt, ist aus der Lage des Meßbildes zur Flugrichtung leicht zu treffen.

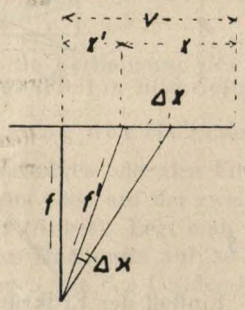


Abb. 6

Im allgemeinen können die Korrekturwerte σ und τ für sämtliche Bilder eines Bildstreifens als konstant angenommen werden. Ihre direkte Bestimmung stößt jedoch meist auf Schwierigkeiten, da nur selten die wirkliche Horizontlinie in den Horizontbildern erkennbar ist. Meist muß als Ersatz ein Dunst- oder Wolkenhorizont oder die Verbindungslinie zwischen markanten Einzelheiten am fernen Horizont dienen, deren Lage während der Aufnahmezeit des Bildstreifens als unveränderlich angesehen wird. Durch verschiedene Höhenlage der verwendeten Niveauflächen ist aber z. B. die Kimmtiefe, durch die damit im Zusammenhang stehende Änderung der Sichtweite die Erdkrümmungskorrektur beeinflußt. Es ergibt sich daraus, daß absolute Neigungswerte aus Horizontbildern im allgemeinen nicht abgeleitet werden können. Man erhält in der Regel nur relative Neigungswerte, die jedoch für einen Bildstreifen alle auf derselben Horizontlinie fußen. Da für die Einpassung von Bildern in Auswertegeräten stets absolute Neigungswerte erforderlich sind, müssen in solchen Fällen für die aus Horizontbildern abgeleiteten relativen Neigungskomponenten φ' und ω' durch Vergleich mit anderweitig bestimmten absoluten Werten noch entsprechende Korrekturgrößen $\Delta\varphi'$ und $\Delta\omega'$ ermittelt werden, die die Einflüsse der Kimmtiefe, der Erdkrümmungskorrektur, der Neigung der verwendeten Horizontlinie und evtl. Justierfehler zwischen Horizont- und Hauptkammer einschließen.

Aus den Horizontbildern in der Flugrichtung läßt sich, wenn ein Horizont mit markanten Einzelheiten vorhanden ist, auch die Verkantungsdifferenz aufeinanderfolgender

[2] Der Vorzeichenwechsel in den Formeln für Horizontbild I und II rührt von der Verschiedenheit der Abbildung der beiden Horizonte her: „rechts" und „links" entspricht bei Horizontbild II der Wirklichkeit, während Horizontbild I seitenverkehrt erscheint.

Aufnahmen aus der Abszissendifferenz gleicher Horizonteinzelheiten bestimmen. Mißt man in zwei aufeinanderfolgenden Horizontbildern mit dem Millimeterstab der Auswerteglasplatte den horizontalen Abstand x einer für beide Bilder näherungsweise in der Bildmitte gelegenen Einzelheit etwa vom rechten Bildrand aus, so läßt sich, wie aus Abb. 6 abzulesen ist, die Verkantungsdifferenz dieser beiden Bilder ableiten zu

$$\Delta\varkappa = \frac{\Delta x \cdot f}{f'^2} \cdot \varrho \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (5)$$

wobei $f'^2 = f^2 + x'^2$ und $x' = v - x$ ist. Für die in der Praxis fast ausschließlich vorkommenden Fälle $x \sim v$ genügt die einfache Näherungsformel

$$\Delta\varkappa = \frac{\Delta x}{f} \cdot \varrho \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (5')$$

Zur genauen Identifizierung und Einstellung der gleichen Horizonteinzelheit in Folgebildern wird die Ausmessung der Horizontbilder zweckmäßig bei stereoskopischer Betrachtung und unter Verwendung von zwei Ausmeßplatten vorgenommen. Dadurch kann selbst bei weniger stark ausgeprägten Horizonten noch eine brauchbare Bestimmung der Abszissendifferenz der Horizontbildeinzelheiten und damit der Kantungsdifferenz der Hauptbilder erfolgen. Addiert man die Kantungsdifferenzen aufeinanderfolgender Bilder, so erhält man nacheinander die Kantung der einzelnen Bilder selbst, bezogen auf die Kantung des Bildes 1.

Es läßt sich im übrigen aus Horizontbildern auch die Verkantung der Aufnahmen gegenüber der jeweiligen Basisrichtung feststellen [1], indem bei stereoskopischer Betrachtung aufeinanderfolgender Horizontbilder die Stelle ermittelt wird, in der der orthomorphe Eindruck des Raumbildes in den pseudomorphen übergeht. An dieser Stelle trifft die Verlängerung der Basis den Horizont, ihr Abszissenwert dividiert durch die Brennweite der Horizontkammer ergibt den Kantungswert des betreffenden Bildes gegenüber der Basis. Durch die hier mögliche Kombination des ersten mit dem letzten Bild eines Bildstreifens kann auch die Verkantung des ersten Bildes gegenüber einer mittleren Streifenrichtung bestimmt werden, wie es für den Anfang einer Aerotriangulation notwendig ist. Voraussetzung bei dieser Methode ist ein stark ausgeprägter, auch der Tiefe nach gegliederter Gebirgshorizont.

III. Übergang von relativen zu absoluten Neigungswerten.

Zur Ermittlung der obenerwähnten Korrekturkonstanten $\Delta\varphi'$ und $\Delta\omega'$ zur Überführung der relativen Neigungen in absolute ist es notwendig, für irgendein Bild der Reihe die absoluten Bildneigungen zu bestimmen. Je nach vorliegenden Unterlagen und Genauigkeitsforderungen kann dies in verschiedener Weise geschehen.

1. Bestimmung durch Entzerrung.

Sind für ein Bild der in Frage kommenden Bildreihe vier Paßpunkte gegeben, so kann dieses Bild nach bekannten optisch-mechanischen Verfahren in einem Entzerrungsgerät entzerrt werden. Aus den Einstelldaten des Entzerrungsgerätes nach der Entzerrung lassen sich die absoluten Neigungskomponenten der Aufnahme ableiten. Für Entzerrungsgeräte mit Einstellung der Projektionstischneigung durch Drehung um eine feste Achse sind die Formeln zur Überführung der Einstelldaten des Entzerrungsgerätes auf die Bildneigung in verschiedenen früheren Veröffentlichungen [2], [3], [4] eingehend abgeleitet.

Besonders einfache Verhältnisse erhält man bei Verwendung von Entzerrungsgeräten mit Neigung des Projektionstisches um zwei Achsen, wie das beim SEG IV von Zeiss-Aerotopograph der Fall ist. Die Bilder werden dort so eingelegt, daß ihre Seiten parallel zu den Kardanachsen des Projektionstisches liegen. Dadurch sind die Neigungsachsen von Bild und Projektionstisch parallel, und es entfällt die Umrechnung der Bildneigungskomponenten auf eine Bildhauptneigung in einem bestimmten Azimut. Bezeichnet man mit ν_0 die absolute Bildneigungskomponente, mit $\overline{\nu}$ die entsprechende Neigungskomponente des Projektionstisches, sind weiter f_a die Brennweite des Aufnahmeobjektives und f_e die des Projektionsobjektives, so

besteht nach einer durch O. v. Gruber gegebenen Ableitung folgende Beziehung:

$$v_o = \frac{f_a}{f_e\left(1+\frac{1}{\lambda}\right)} \cdot \bar{v} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$

dabei stellt λ das Vergrößerungsverhältnis dar.

Für die einfache Entnahme der Neigungswinkel des Projektionstisches ist ein Libellenwinkel konstruiert (Abb. 7), der azimutal ausgerichtet mit dem Scheitel des rechten Winkels gegen die Bildmitte auf den Projektionstisch gesetzt wird und sofort beide Neigungskomponenten an den Tangentenschrauben der normal zueinander angebrachten Libellen abzulesen gestattet. Da die Tangentenschrauben von der Nullstellung aus nur nach einer Richtung Teilung tragen, muß der Libellenwinkel zur Messung stets in den Bildquadranten

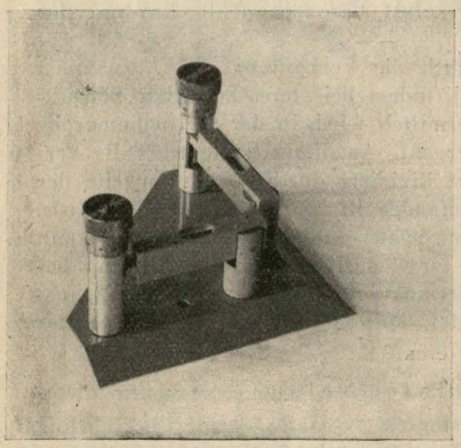


Abb. 7. Libellenwinkel

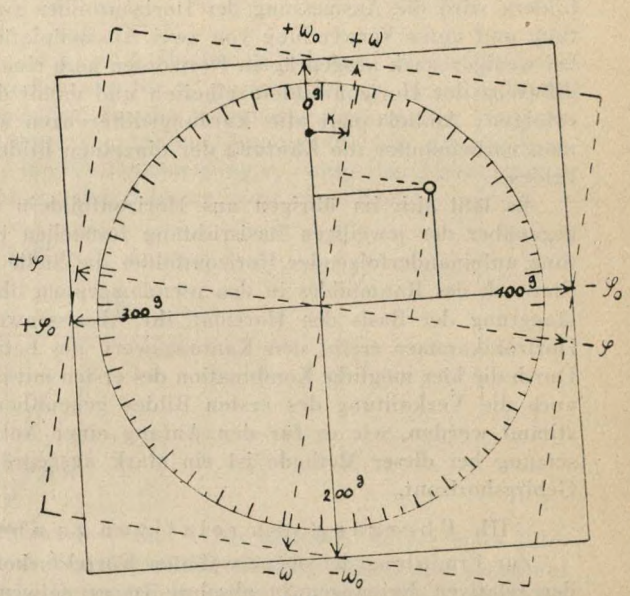


Abb. 8

gesetzt werden, in dem der Bildnadir liegt. Damit sind vorzeichenmäßig Horizontbild und Entzerrung auf den gleichen Nenner gebracht.

2. Bestimmung durch Einpassung eines Bildpaares in ein Stereokartiergerät.

Ist ein Anfangsbildpaar der Serie, für die die Korrekturkonstante bestimmt werden soll, im Stereoplanigraphen oder Aeroprojektor Multiplex nach der optisch-mechanischen Methode auf drei gegebene Paßpunkte maßstäblich und höhenmäßig eingepaßt, so kann man die absoluten Orientierungsdaten der beiden Bilder direkt am Gerät ablesen. Entnimmt man die Neigungswerte den entsprechenden Teilkreisen des Stereoplanigraphen, so muß für den Vergleich mit den aus Horizontbildern abgeleiteten Werten noch eine Transformation entsprechend einer vorliegenden Bildverkantung vorgenommen werden. Die zu vergleichenden Werte müssen auf Neigungsrichtungen parallel zu den Bildseiten bezogen werden. Die Transformation erfolgt am besten graphisch-mechanisch mit zwei übereinandergelegten, drehbaren, transparenten Koordinatensystemen (Abb. 8). Um die Transformation jedoch zu vermeiden, verwendet man auch hier und am Aeroprojektor Multiplex den Libellenwinkel, den man zur Messung in sonst gleicher Weise wie beim Entzerrungsgerät direkt auf die in die

Projektionskammern eingelegten Negative oder Diapositive aufsetzt[3]. Damit ist wieder vorzeichenmäßig ein einfacher Zusammenhang mit den Horizontbildern hergestellt. Um den Einfluß unregelmäßiger Fehler der optisch-mechanischen Einpassung zu verringern, wird man am besten die Einpassung unabhängig — z. B. mit veränderter Kantung — wiederholen und die Mittelwerte verwenden.

3. Näherungsmethode.

Sind Aufnahmen unter Beobachtung eines Statoskopes aus möglichst gleicher Flughöhe gemacht, so lassen sich nach einem Vorschlag von O. v. Gruber [1] in einfacher Weise auf Grund von Parallaxenmessungen aus den Bildern selbst rechnerisch die absoluten Längsneigungswerte bestimmen.

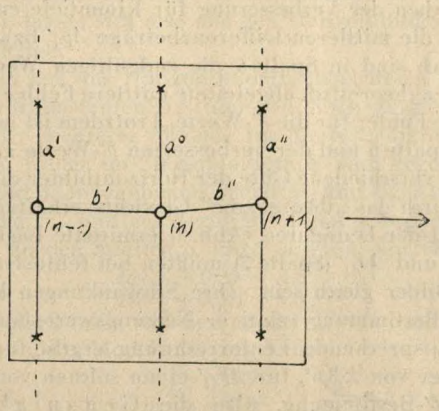


Abb. 9

Mißt man in zwei aufeinanderfolgenden Bildern die Abstände a von Bildpunkten, die in Lotebenen durch die Standpunkte quer zur Basis ausgewählt sind (Abb. 9), so werden entsprechende Abstände, gemessen aus beiden Bildern, Differenzen Δa aufweisen. Diese rühren, gleiche Standpunktshöhen vorausgesetzt, im wesentlichen von der Längsneigung der Bilder her. Auf Grund der bekannten Parallaxenformel

$$\Delta\varphi = \Delta a \frac{f}{a \cdot b} \cdot \varrho^g$$

lassen sich damit die $\Delta\varphi$-Werte für jedes Bild doppelt bestimmen:

$$\left.\begin{array}{ll} \text{aus den Bildern } (n-1) \text{ und } n & \Delta\varphi_n = (a'_n - a^\circ_{n-1}) \cdot \dfrac{f}{(a^\circ_{n-1} \cdot b'_n)} \cdot \varrho^g \\ \text{aus den Bildern } n \text{ und } (n+1) & \Delta\varphi_n = (a^\circ_{n+1} - a''_n) \cdot \dfrac{f}{(a^\circ_{n+1} \cdot b''_n)} \cdot \varrho^g \end{array}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots (7)$$

Liegen auf Grund eines Statoskopregisters Standpunktshöhenunterschiede vor, so kann eine um das Glied

$$-\frac{\Delta h \cdot f}{h \cdot b} \cdot \varrho^g$$

erweiterte Formel verwendet werden. Die Praxis hat jedoch ergeben, daß sich dieser Mehraufwand an Rechnung nicht lohnt. Wählt man aus der gesamten Bildserie eine Bildgruppe aus, deren erstes und letztes Bild etwa gleiche Standpunktshöhe zeigt, und bestimmt man mit diesen Bildern nach der vereinfachten Formel die absoluten Längsneigungswerte und weiter die Korrekturkonstanten, so ist das Mittel aus den für jedes Bild getrennt berechneten Konstanten frei von Einflüssen der Standpunktshöhen.

---

[3] Keilfehler handelsüblicher Diapositivplatten, wie sie für die Auswertung im Stereoplanigraphen verwendet werden, liegen bei etwa $\pm 1^c$ und können vernachlässigt werden.

IV. Praktische Untersuchungen[4].

Zur Feststellung der Genauigkeit und der technischen Ausgestaltung der verschiedenen Verfahren wurden Versuche mit verschiedenem Bildmaterial angestellt. Zur Verwendung gelangte zunächst eine Bildreihe von sieben Bildern, aufgenommen mit der Kammer RMK HS 1818 mit zwei Horizonten, Stutzen $f = 10$ cm, aus 4150 m mittlerer Flughöhe über Grund.

1. Die Auswertung der Horizontbilder ist in der Rechnungstabelle 2 dargestellt. Die Spalten 2 und 3 dieser Tabelle geben die aus Papierabzügen ausgemessenen Werte l und r für die beiden Horizontbilder I und II. In Spalte 6 sind außer den Werten α_I' und α_{II}' die noch nicht verbesserten Werte β_I' und β_{II}' zusammengestellt, in Spalte 7 aus zusammengehörigen Wertpaaren die Differenzen $\Delta\beta'$ gebildet, die bei Verwendung der wahren Horizontlinie im wesentlichen der Verbesserung für Kimmtiefe entsprechen würden.

Spalte 8 zeigt die um die mittleren Differenzbeträge $\Delta\beta_I'$ bzw. $\Delta\beta_{II}'$ verbesserten Werte $(vl + ur) \cdot c$, und schließlich sind in Spalte 9 die endgültigen Werte für ω' und φ' gebildet. Es läßt sich zeigen, daß der theoretisch abgeleitete mittlere Fehler der α'-Werte etwa dreimal so groß ist als der mittlere Fehler für die β'-Werte. Trotzdem ist in Spalte 9 das arithmetische Mittel der α'-Werte aus Spalte 6 und der verbesserten β'-Werte aus Spalte 8 gebildet, da die Praxis zeigt, daß auch die verschiedene Güte der Horizontbilder die Genauigkeit von α' und β' stark beeinflußt und dadurch das „theoretische" Gewichtsverhältnis geändert wird. Spalte 10 gibt vollends die an Hand der Leitfiguren (Abb. 3) ermittelte Lage der Nadirpunkte.

Die Differenzen $\Delta\beta_I'$ und $\Delta\beta_{II}'$ (Spalte 7) müßten bei fehlerfreier Entnahme der l- und r-Werte je für sämtliche Bilder gleich sein. Ihre Schwankungen können daher als ein Maß für die Genauigkeit der Bestimmung relativer Neigungswerte aus den Horizontbildern angesehen werden. Eine entsprechende Fehlerrechnung ergibt für das arithmetische Mittel $\Delta\beta_I'$ einen mittleren Fehler von $\pm 3{,}6^c$, für $\Delta\beta_{II}'$ einen solchen von $\pm 2{,}9^c$. Der mittlere Fehler der einzelnen $\Delta\beta'$-Bestimmung, also die Genauigkeit der Neigungsbestimmung aus Horizontbildern, ergibt sich zu $\pm 9{,}5^c$ bzw. zu $\pm 7{,}7^c$.

2. Gehören die beiden Horizontbilder ein und derselben Niveaufläche an, so sind die Größen σ und τ für beide Bilder gleich groß. Es müssen infolgedessen auch die Werte $\Delta\beta_I'$ und $\Delta\beta_{II}'$ ihrem absoluten Betrag nach gleich werden bzw. sich bei den für Horizontbilder der HS-Kammer verschiedenen Vorzeichen von σ_I und $\sigma_{\alpha II}$ um den doppelten Betrag von σ_α unterscheiden. Abweichung davon zeigt an, daß die verwendeten Horizontlinien aus verschiedenen Niveauflächen ausgewählt oder verschieden geneigt sind.

Die Aufnahmen der vorliegenden Versuchsreihe sind in Flugrichtung NO.—SW. geflogen, wobei Horizontbild I in der Flugrichtung voraus zeigt. Der verwendete Horizont ist für Horizontbild I eine geschlossene Wolkendecke über dem Thüringer Wald, aus der keine Berggipfel herausragen. In dem sich allmählich verlierenden Wolkenhorizont des Horizontbildes II treten dagegen in der Ferne langgestreckte Bergrücken des Fichtel- und des Erzgebirges heraus. Dies läßt den Schluß zu, daß die Horizontlinien in Bild I und Bild II verschiedenen Niveauflächen angehören und daß darauf die Verschiedenheit der $\Delta\beta'$-Werte im wesentlichen zurückzuführen ist. Mit den Gleichungen (3) können in einem solchen Sonderfall die für die getrennte Bestimmung der Korrekturgrößen σ und τ notwendigen Höhen des Aufnahmeortes über den Niveauebenen abgeleitet werden. Es ist

$$\Delta\beta_{II}' = -(l_I - r_I) - (v_{II} l_{II} + u_{II} r_{II}) \cdot c = -(\tau_{II} + \sigma_{\beta II} + \sigma_{\alpha I}) = -2{,}25^g$$

$$\Delta\beta_I' = (l_{II} - r_{II}) + (v_I l_I + u_I r_I) \cdot c = \tau_I + \sigma_{\beta I} + \sigma_{\alpha II} = +1{,}74^g.$$

Zieht man in Betracht, daß die σ-Werte bei wechselnder Standortshöhe absolut genommen nur geringe Änderungen erfahren und außerdem, gemessen an den τ-Werten, Größen zweiter Ordnung darstellen, so ergibt sich durch umgekehrte Verwendung der Tabelle 1 (Spalte 6, 4, 1) mit genügender Näherung die Höhenlage des Standortes über den beiden

[4] Die hier mitgeteilten Ergebnisse sind nicht direkt mit den in [1] angegebenen Zahlen zu vergleichen, da in [1] teilweise andere Messungen verwendet und die α- und β-Werte dort getrennt behandelt sind.

Niveauebenen zu $h_I \approx 2850$ m und $h_{II} \approx 3470$ m. Die Korrekturgrößen für α_I', β_{II}', α_{II}' und β_I' zur Überführung in absolute Werte sind damit:

$$\sigma_{\alpha I} = 15^c,\ \tau_{II} + \sigma_{\beta II} = 2{,}10^g,\ \sigma_{\alpha II} = -16^c,\ \tau_I + \sigma_{\beta I} = 1{,}90^g.$$

In den Spalten 11 und 12 der Tabelle 2 ist mit diesen Korrekturwerten die direkte Bestimmung absoluter Neigungswerte durchgeführt. Der Vergleich mit den aus dem Stereoplanigraphen bestimmten absoluten Werten, Tabelle 3, zeigt, daß für φ_o und ω_o noch kleine systematische Abweichungen von der Größe von $+9^c$ bzw. $+5^c$ vorhanden sind. Diese Restfehler können auf kleine Neigungen der verwendeten Horizontlinien oder geringe Abweichungen in u und v zurückgeführt werden

Unter der Voraussetzung „horizontaler" Horizontlinien, die bei Dunst- und Wolkenhorizonten häufig erfüllt ist, lassen sich also aus den Horizontbildern der HS-Kammer direkt absolute Neigungswerte ableiten.

3. Geht man wieder von den aus Horizontbildern abgeleiteten relativen Neigungswerten aus, so können die Korrekturkonstanten $\Delta\varphi'$ und $\Delta\omega'$ durch Vergleich mit absoluten Werten aus Einpassungen eines oder mehrerer Modelle im Stereoplanigraphen hergeleitet werden. Eine Einpassung der sieben Bilder im Stereoplanigraph nach gegebenen Paßpunkten ergab die in Tabelle 3, Spalte 2 und 3, angegebenen Werte φ_o und ω_o. Abgesehen von den Werten für Bild 5 und 11 stellen die φ_o- und ω_o-Werte Mittel dar aus dem jeweils vorhergehenden und nachfolgenden Modell. In den Spalten 6 und 7 sind die Korrekturkonstanten berechnet:

$$\Delta\varphi' = +0{,}25^g \pm 4{,}8^c$$
$$\Delta\omega' = +0{,}20^g \pm 1{,}6^c$$

Interessant ist hier der für die Praxis wichtige mittlere Fehler, mit dem die Konstanten aus nur zwei Werten, also aus einem Modell hervorgehen:

Es ist
$$m_\varphi = \pm 8{,}9^c$$
$$m_\omega = \pm 3{,}0^c$$

4. Das Verfahren, mittels Entzerrung absolute Orientierungsdaten und damit Vergleichswerte zur Bestimmung der Korrekturkonstanten $\Delta\varphi'$ und $\Delta\omega'$ zu finden, ist, sofern eine brauchbare Genauigkeit erzielt werden soll, an verschiedene Bedingungen geknüpft: Zunächst ist es notwendig, daß die Bilder beim Einlegen in das Entzerrungsgerät gut zentriert und azimutal ausgerichtet werden. Bei Verwendung eines Entzerrungsgerätes SEG IV, bei dem die Winkelentnahme mit Libelle erfolgt, ist außerdem dafür zu sorgen, daß das Gerät horizontiert, d. h. die Negativebene genau horizontal ist.

Tabelle 3.

Nr.	Stereoplanigraph		Relativwerte aus Horizontbild		Korrekturkonst.	
	φ_o	ω_o	φ'	ω'	$\Delta\varphi'$	$\Delta\omega'$
1	2	3	4	5	6	7
5	+ 0,49	+ 0,62	+ 0,28	+ 0,44	+ 0,21	+ 0,18
6	+ 2,13	— 0,33	+ 1,87	— 0,49	+ 0,26	+ 0,16
7	+ 1,82	+ 2,07	+ 1,59	+ 1,87	+ 0,23	+ 0,20
8	+ 1,95	+ 1,97	+ 1,86	+ 1,77	+ 0,09	+ 0,20
9	+ 2,26	+ 1,50	+ 1,76	+ 1,24	+ 0,50	+ 0,26
10	+ 2,17	+ 1,00	+ 1,88	+ 0,74	+ 0,29	+ 0,26
11	+ 1,24	+ 1,29	+ 1,05	+ 1,13	+ 0,19	+ 0,16
				Mittel =	$+0{,}25^g$	$+0{,}20^g$
				M =	$\pm 4{,}8^c$	$\pm 1{,}6^c$
				(aus 1 Modell) m =	$\pm 8{,}9^c$	$\pm 3{,}0^c$

Handelt es sich um hügeliges Gelände, so ist die Lage der verschieden hoch gelegenen, bekannten Paßpunkte in der Entzerrungsunterlage auf eine „mittlere Entzerrungsebene" umzurechnen, also aus der „orthogonalen" eine „zentralperspektive" Entzerrungsunterlage

mit dem Nadirpunkt als Zentrum herzustellen. Der Nadirpunkt, von dem aus die einzelnen Paßpunkte entsprechend ihrer Höhenlage gegenüber der Entzerrungsebene radial zu versetzen sind, kann etwa durch die Papierstreifenmethode oder, wenn die Unterlage eine Karte ist, durch direkten Vergleich aus dem Bild übertragen werden. Die Versetzung Δr berechnet sich für einen Höhenunterschied Δh zu $\Delta r = \frac{\Delta h \cdot r}{h}$, wobei r den Abstand des betreffenden Punktes vom Nadir im Kartenmaßstab, h die Flughöhe über Grund darstellt.

Für den Versuch wurde das Bild Nr. 6 nach vier bekannten Paßpunkten im Entzerrungsgerät SEG IV viermal unabhängig im Maßstab $M_k = 1 : 25\,000$ entzerrt und jedesmal mit dem Libellenwinkel die Tischneigungen ermittelt:

	$\bar{\omega}$	$\bar{\varphi}$
1. Entzerrung	$-0{,}69^g$	$+6{,}03^g$
2. „	$-0{,}91^g$	$+5{,}55^g$
3. „	$-1{,}40^g$	$+6{,}05^g$
4. „	$-0{,}79^g$	$+5{,}30^g$
Mittel:	$-0{,}95^g$	$+5{,}73^g$
$M =$	$\pm 15{,}8^c$	$\pm 18{,}5^c$
$m =$	$\pm 31{,}6^c$	$\pm 37{,}0^c$

Wie zu erwarten, erhält man die Tischneigungen aus einer Entzerrung verhältnismäßig ungenau. Man wird daher in der Praxis das Mittel aus mehreren unabhängigen Entzerrungen zur Bildung der Korrekturkonstanten verwenden. Mit einem Vergrößerungsverhältnis $\lambda = \frac{M_b}{M_k} = \frac{41{,}500}{25{,}000} = 1{,}66$, $f_e = 180$ mm und $f_a = 100$ mm, erhält man nach Formel (6) die absoluten Bildneigungskomponenten

$$\omega_o = -0{,}33^g \pm 5{,}5^c \quad (\pm 11{,}0^c \text{ aus einmaliger Entzerrung})$$
$$\varphi_o = +1{,}99^g \pm 6{,}4^c \quad (\pm 12{,}8^c \text{ aus einmaliger Entzerrung})$$

Der Vergleich mit den aus den Horizontbildern erhaltenen relativen Werten (Tabelle 2, Spalte 9) gibt die Korrekturkonstanten:

$$\Delta'\omega = +0{,}16^g \pm 9{,}5^c \quad (\pm 13{,}6^c \text{ aus einmaliger Entzerrung})$$
$$\Delta'\varphi = +0{,}12^g \mp 11{,}5^c \quad (\pm 16{,}0^c \text{ aus einmaliger Entzerrung})$$

5. Zur Untersuchung der Näherungsmethode wurde ein Bildstreifen verwendet, der mit der Kammer RMK S 1818, $f = 21$ cm, aus 3080 m Höhe über Grund aufgenommen war. Außer den Horizontbildern aus einer Horizontzusatzkammer lag für diesen Streifen auch ein Statoskopregister vor. Die Ausmessung der Horizontbilder — Filmnegative — ergab für ω' und φ' die Werte Tabelle 4, Spalte 4 und 6. Auch bei diesen Versuchen wurde, um eine zuverlässige Kontrolle zu haben, ein Teil der Bilder (Nr. 149—154), für die Paßpunktunterlagen vorhanden waren, im Stereoplanigraphen eingepaßt. Die daraus erhaltenen Werte sowie die Korrekturkonstanten sind in Tabelle 5 in den Spalten 2—4 und 8—10 zusammengestellt.

Tabelle 5.

Nr.	Stereoplanigraph			Horizontzusatzkammer			Korrekturkonstanten		
	φ_o	ω_o	$\varkappa_o$	φ'	ω'	$\varkappa'$	$\Delta\varphi$	$\Delta\omega$	$\Delta\varkappa$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
149	— 1,58	— 1,49	0,00	— 2,29	— 1,40	0,00	+ 0,71	— 0,09	± 0
150	— 1,88	+ 0,07	399,55	— 2,75	± 0,00	399,74	+ 0,87	+ 0,07	— 0,19
151	— 3,40	+ 1,65	1,50	— 4,39	+ 1,50	1,62	+ 0,99	+ 0,15	— 0,12
152	— 2,69	+ 0,24	0,90	— 3,71	+ 0,10	0,94	+ 1,02	+ 0,14	— 0,04
153	— 3,14	— 0,05	0,50	— 3,90	± 0,00	0,60	+ 0,76	— 0,05	— 0,10
154	— 2,98	— 0,51	2,53	— 3,82	— 0,60	2,48	+ 0,84	+ 0,09	+ 0,05
						Mittel =	$+0{,}86^g$	$+0{,}05^g$	$-0{,}07$
						$M =$	$\pm 5{,}0^c$	$\pm 4{,}1^c$	$\pm 3{,}6^c$
						(aus 1 Modell) $m =$	$\pm 8{,}7^c$	$\pm 7{,}1^c$	$\pm 6{,}2^c$

In Korrektostatabzügen der Meßbilder wurden nun in den Lotebenen am oberen und unteren Bildrand Punkte ausgewählt und von Bild zu Bild stereoskopisch übertragen. Um dabei hohe Genauigkeit zu erzielen, wurden die Punkte möglichst in Geländelinien ausgewählt, die parallel zur Basisrichtung verlaufen. Die Ausmessung der Größen b', b'' sowie der a', a^0 und a'' erfolgte mit Glasmaßstab auf 0,1 mm genau. Die Messungswerte nebst den nach Formel (7) sich ergebenden Rechenoperationen sind — in einzelne Teiloperationen zerlegt — in einem Rechenformular (Tabelle 6) zusammengestellt. Versehen bei solchen Formularrechnungen werden leicht ausgeschaltet durch Verwendung von Papiermasken mit entsprechenden Ausschnitten, die nur die für eine bestimmte Rechenoperation gerade notwendigen Zahlen freigeben. Beim Fortschreiten der Rechnung wird dann die Maske von Zeile zu Zeile verschoben.

Die innere Genauigkeit des Verfahrens ergibt sich aus den Differenzen der Doppelwerte (Spalte 9): Es ist der mittlere Fehler der Einzelbestimmung der Bildlängsneigung $m_1 = \pm 22^c$, der mittlere Fehler aus der für alle Bilder außer dem ersten und letzten Bild möglichen Doppelbestimmung $m_2 = \pm 15^c$.

In Spalte 10 sind die Mittel der doppelt bestimmten φ_0-Werte, die für die Bildung der Korrekturkonstanten verwendet wurden, zusammengestellt. Aus einem vorliegenden Statoskopregister geht hervor, daß die Bilder 150 und 157 verhältnismäßig große Standpunkthöhenunterschiede aufweisen gegenüber der Bildgruppe der Bilder 151—156. Aus obenerwähnten Gründen sind sie daher für die Bestimmung der Korrekturkonstanten ausgelassen. Die Konstante ergibt sich zu $\Delta\varphi' = +0{,}85^g$. Sie bleibt mit ihrem mittleren Fehler von $\pm 8{,}8^c$ im Bereiche der „absoluten Korrekturkonstanten", die aus der Stereoplanigraph-Einpassung erhalten wurde. Eine versuchsweise durchgeführte Berechnung der Längsneigung nach der erweiterten Formel — mit Einschluß der Standpunkthöhenunterschiede — ergab bei wesentlich größerem Rechenaufwand für die Konstante den Wert $+0{,}83 \pm 10^c$.

6. Bestimmung der Kantung.

Markante Einzelheiten in den Horizontbildern der Horizontzusatzkammer erlaubten die Bestimmung der Kantungsdifferenz zwischen den einzelnen Bildern. In Tabelle 4, Spalte 8—11, sind die Messungsergebnisse mit Berechnung zusammengestellt, in Tabelle 5, Spalte 7 und 10, Vergleiche mit den aus der Einpassung am Stereoplanigraphen erhaltenen Werten gegeben.

7. Versuche mit Multiplex.

Ein Modell der Aufnahmen der RMK S 1818 wurde viermal unabhängig nach Paßpunkten eingepaßt und die Neigungswerte mit dem Libellenwinkel entnommen. Die Korrekturkonstanten ergaben sich zu $\Delta\varphi_0 = +0{,}80^g$ und $\Delta\omega_0 = +0{,}02^g$; sie liegen mit ihren mittleren Fehlern von $\pm 8{,}2^c$ bzw. $\pm 5{,}5^c$ innerhalb der aus dem Vergleich mit Stereoplanigraphwerten abgeleiteten Konstanten. Der praktisch interessante mittlere Fehler der Konstantenbestimmung aus einem Modell beträgt $m_\varphi = \pm 16^c$, $m_\omega = \pm 11^c$. Voraussetzung für die Verwendung des Libellenwinkels ist hier, daß die Zeichentischfläche nicht nur eben, sondern auch genau horizontiert ist.

V. Zusammenstellung der Resultate.

Mittlerer Fehler der Neigungsbestimmung aus Horizontbildern (aus RMK HS 1818)

$m_\varphi = \pm 7{,}7^c$
$m_\omega = \pm 9{,}5^c$

Mittlerer Fehler der Konstantenbestimmung:

Aus einmaliger Entzerrung für Bilder der RMK HS 1818, $f = 10$ cm — $m_\varphi = \pm 16{,}0^c$, $m_\omega = \pm 13{,}6^c$

aus einem Modell Stereoplanigraph für Bilder der RMK HS 1818, $f = 10$ cm — $m_\varphi = \pm 8{,}9^c$, $m_\omega = \pm 3{,}0^c$

für Bilder der RMK S 1818, $f = 20$ cm
mit Horizontkammer $m_\varphi = \pm 8{,}7^c$
$m_\omega = \pm 7{,}1^c$

aus einem Modell Multiplex
für Bilder der RMK S 1818 $m_\varphi = \pm 16^c$
$m_\omega = \pm 11^c$

nach dem Parallaxenverfahren
für Bilder der RMK S 1818 $m_\varphi = \pm 8{,}8^c$

Kantungsbestimmung:

Vergleich mit Stereoplanigraphwerten
für Bilder der RMK S 1818 mit Horizontzusatzkammer $m_K = \pm 6{,}2^c$

Auffällig ist, daß die mittleren Fehler für die Längsneigungsbestimmung fast durchweg etwas größer sind als die mittleren Fehler für die Querneigungsbestimmung. Dies rührt wohl zum Teil von der Qualität der Horizontbilder her. Im übrigen sind die Resultate für Bilder der RMK HS 1818 und der Horizontzusatzkammer etwa gleichwertig. Für die Praxis bieten allerdings die Bilder der HS-Kammer gewisse Vorteile dadurch, daß die doppelte Bestimmung der einzelnen Neigungskomponenten eine stets erwünschte Sicherheit gegen grobe Ablese- und Rechenfehler gibt.

Die aus den Horizontbildern abgeleiteten Neigungswerte haben eine innere Genauigkeit, die für Entzerrungszwecke ausreichend ist und auch für die stereoskopische Einpassung bei Aeropolygonierung in mittleren und kleinen Maßstäben genügt. Da die Neigungen dabei für jedes Bild unabhängig erhalten werden, entsprechen sie in ihrem Wert Richtungsmessungen bei Bussolenzügen: ihre überragende Bedeutung tritt besonders bei langen Aeropolygonen in Erscheinung.

Die Bestimmung der Korrekturkonstanten $\Delta\varphi'$ und $\Delta\omega'$ zum Übergang auf absolute Neigungswerte kann nach den drei erwähnten Methoden, am genauesten durch stereoskopische Einpassung eines Bildpaares im Stereoplanigraphen geschehen. Die Bestimmung durch Entzerrung eines Bildes ist im vorliegenden Fall etwa gleichwertig der Bestimmung durch Einpassung im Aeroprojektor Multiplex. Bei Aufnahmen mit Kammern größerer Brennweite ergibt jedoch das Entzerrungsverfahren ungünstigere Werte; so wäre bei gleich genauer Entzerrung im Grundriß und gleicher Vergrößerung für Bilder der RMK S 1818, $f = 21$ cm, der mittlere Fehler doppelt so groß. Eine Genauigkeitssteigerung ist in allen Fällen möglich durch mehrfache Wiederholung der Einpassung — mit einem Bild oder verschiedenen Bildern — und Mittelung der erhaltenen Werte. Die Parallaxenmethode, die nur die Bestimmung der Konstanten für die Längsneigung ergibt, ist in bezug auf Zeitbedarf den anderen Methoden unterlegen. Sie erfordert außerdem geschicktes Personal für Auswahl und genaue Übertragung der Hilfspunkte in den Bildern. Korrektostat-Abzüge sind bei dieser Methode unerläßlich.

Die Bestimmung von Vorzeichen für die Neigungskomponenten wird durch die Bestimmung der Lage des Nadirpunktes im Bildkoordinatensystem hinfällig; es genügen die Absolutwerte der Neigungen.

Die Bestimmung der Kantung der Meßbilder aus Horizontbildern ist davon abhängig, ob deutliche Einzelheiten am Horizont möglichst genau in der Flugrichtung vorhanden sind. An sich läßt sich die Kantung beim optisch-mechanischen Orientierungsverfahren in sehr einfacher und sicherer Weise ermitteln. Die Kantungsbestimmung aus Horizontbildern wird jedoch dann wichtig und notwendig, wenn bei Aerotriangulationen in einzelnen Modellen charakteristische Punkte für die Beseitigung der Kantungsparallaxen infolge breiter Fluß- oder Meeresarme fehlen. In solchen Fällen kann ohne Horizontbilder die Fortführung der Polygonierung oft in Frage gestellt sein.

Für die Verwendung der aus den Horizontbildern abgeleiteten Orientierungselemente zur Einpassung der Bilder in Auswertinstrumente ergeben sich folgende Gesichtspunkte:

1. Für die Entzerrung wird die Bildneigung ν_0 oder ihre Komponenten φ_0 und ω_0 mit den nun rückwärts angewendeten Formeln entsprechend der bei der Entzerrung gewünschten Vergrößerung auf Neigungswerte $\overline{\nu}$ bzw. $\overline{\varphi}$ und $\overline{\omega}$ des Projektionstisches umgerechnet. Zweckmäßig wird man sich hierzu entsprechender Diagramme oder Tabellen bedienen.

Die Einstellung der Daten erfolgt am SEG I an Teilkreisen und Maßstäben, beim SEG IV mit Hilfe des Libellenwinkels. Die Lage des Bildnadirs, die man sich etwa auf einem Papierabzug des zu entzerrenden Bildes zuvor eingetragen hat, gibt eindeutig Auskunft über die Richtung der einzustellenden Tischneigung. Gegebenenfalls folgt noch eine Kontrolle des Maßstabes auf Grund bekannter Strecken. Zeigt das zu den Bildern gehörige Statoskopregister kein großen Schwankungen der Standpunktshöhen der einzelnen Aufnahmen an so kann unter Voraussetzung ebenen Geländes die einmal gefundene Vergrößerungseinstellung für alle Bilder beibehalten werden.

Ein systematisches Einpaßverfahren nach mehr oder weniger günstig gelegenen oder identifizierbaren Paßpunkten fällt weg, daher kann das Verfahren auch durch wenig vorgebildetes Bedienungspersonal ausgeführt werden. Weitgehende Arbeitsteilung ist möglich und fördert die Produktionsleistung erheblich.

2. Einpassung in Zweibildgeräte. Die noch notwendige optisch-mechanische Orientierung beschränkt sich im wesentlichen auf das Auskanten der Bilder und auf die Maßstabsbestimmung. Die Basiskomponente bz wird dem Statoskopregister entnommen, die Neigungswerte φ_0 und ω_0 und gegebenenfalls die Kantung $\varkappa_0$ der Horizontbildmessung. Die Verwendung des Libellenwinkels bei der Einstellung der Neigungswerte erspart dabei Rechenarbeit und sichert durch die einfache Lösung der Vorzeichenfrage den Arbeitsgang. Als durchschnittlicher Zeitbedarf der Orientierung eines Bildpaares kann 10 bis 15 Minuten angegeben werden.

Während bei der optisch-mechanischen Einpaßmethode — deren Kennzeichen die bestmögliche Parallaxenbeseitigung ist — eine Ausmittlung aller Instrumenten- und Bildfehler geschieht, bei Verzicht auf „absolut richtige" Orientierung, ist bei dem Verfahren der Einstellung der unabhängig bestimmten Orientierungsdaten die „absolut richtige" Orientierung besser gewahrt. Die Instrumenten- und Bildfehler rufen aber zusammen mit den unregelmäßigen Fehlern der Einstelldaten kleine Restparallaxen hervor. Diese werden jedoch bei der Aeropolygonierung selbst im Interesse der Erhaltung einer einwandfreien Systematik nicht beseitigt, höchstens bei der Einstellung der Neupunkte von Fall zu Fall mit by weggestellt. Eine kurze, über sieben Modelle durchgeführte Aeropolygonierung im Stereoplanigraph mit dem oben genannten Material der RMK HS 1818 ergab derartige Restparallaxen in der Größenordnung von ± 0,16 mm im Bildmaßstab. Systematische Maßstabs-, Lage- und Höhenfehler konnten bei der Polygonierung nicht festgestellt werden. Die mittleren Fehler der Lage und Höhe betrugen ± 1,5 ‰ der Entfernungen bzw. der Flughöhe (Bildmaßstab 1 : 41 500).

Zusammenfassend läßt sich wohl sagen, daß die Horizontbildmessung bei der Lösung der Orientierungsaufgabe sowohl bei der Einpassung von Luftaufnahmen in Einbild- als auch Zweibildgeräte mit Vorteil verwendet werden kann. Weitgehende Unabhängigkeit von Paßpunktunterlagen und die Möglichkeit der im Großbetrieb so wichtigen Arbeitsteilung geben dem Verfahren seinen besonderen Wert in der Praxis.

Literatur.

[1] O. v. Gruber: Horizontbilder und ihre Verwendung. Photogrammetria, Jahrgang III, Heft 2, 1940.
[2] O. v. Gruber: Ferienkurs in Photogrammetrie. Verlag Konrad Wittwer, Stuttgart.
[3] Ing. Hauptmann K. G. Löfström, Helsingfors: Entzerrung von Luftbildern durch Horizontbildvermessung und Verfahren zur Herstellung von Luftbildplänen. Bildmessung und Luftbildwesen Nr. 3/1932.
[4] Zeiss-Aerotopograph: Beschreibung und Gebrauchsanweisung für das selbstfokussierende Entzerrungsgerät SEG I.
[5] Jordan-Eggert: Handbuch der Vermessungskunde II.

Tabelle 2.

Nr.	l_I l_{II}	r_I r_{II}	$l_I - r_I$ $l_{II} - r_{II}$	$2l_I + 3r_I$*) $3l_{II} + 2l_{II}$*)	$a'_I = -(l_I - r_I)$ $\beta'_{II} = (3l_{II} + 2r_{II}) \cdot c$ $a'_{II} = l_{II} - r_{II}$ $\beta'_I = -(2l_I + 3r_I) \cdot c$	$\Delta\beta'_{II} = a'_I - \beta'_{II}$ $\Delta\beta'_I = a'_{II} - \beta'_I$	$\beta'_{II} + \Delta\beta'_{II}$ $\beta'_I + \Delta\beta'_I$	ω' φ'	Lage des Bild-Na-dirs	$a'_I + \sigma_{a_I}$ $\beta'_{II} - (\tau_{II} + \sigma_{\beta_{II}})$ $a'_{II} - \sigma_{a_{II}}$ $\beta'_I + (\tau_I + \sigma_{\beta_I})$	ω_o φ_o
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	+ 1,9	+ 2,3	— 0,4	+ 10,7	+ 0,40					+ 0,55	+ 0,59
					+ 2,73	— 2,33	+ 0,48	+ 0,44	|	+ 0,63	
					+ 0,30				• |	+ 0,46	+ 0,44
	+ 4,1	+ 3,8	+ 0,3	+ 19,9	— 1,47	+ 1,77	+ 0,27	+ 0,28		+ 0,43	
6	± 0,0	— 0,5	+ 0,5	— 1,5	— 0,50					— 0,35	— 0,34
					+ 1,77	— 2,27	— 0,48	— 0,49	|	— 0,33	
					+ 1,80				| •	+ 1,96	+ 2.03
	+ 3,3	+ 1,5	+ 1,8	+ 12,9	+ 0,21	+ 1,59	+ 1,95	+ 1,87		+ 2,11	
7	— 0,9	+ 1,0	— 1,9	+ 1,2	+ 1,90					+ 2,05	+ 2,02
					+ 4,09	— 2,19	+ 1,84	+ 1,87	|	+ 1,99	
					+ 1,60				• |	+ 1,76	+ 1,75
	+ 6,6	+ 5,0	+ 1,6	+ 29,8	— 0,16	+ 1,76	+ 1,58	+ 1,59		+ 1,74	
8	— 1,2	+ 0,6	— 1,8	— 0,6	+ 1,80					+ 1,95	+ 1,93
					+ 4,00	— 2,20	+ 1,75	+ 1,77	|	+ 1,90	
					+ 1,90				• |	+ 2,06	+ 2,02
	+ 6,6	+ 4,7	+ 1,9	+ 29,2	+ 0,08	+ 1,82	+ 1,82	+ 1,86		+ 1,98	
9	— 0,9	+ 0,4	— 1,3	— 0,6	+ 1,30					+ 1,45	+ 1,39
					+ 3,44	— 2,14	+ 1,19	+ 1,24	|	+ 1,34	
					+ 1,70				• |	+ 1,86	+ 1,92
	+ 5,7	+ 4,0	+ 1,7	+ 25,1	+ 0,08	+ 1,62	+ 1,82	+ 1,76		+ 1,98	
10	— 0,6	+ 0,1	— 0,7	— 0,9	+ 0,70					+ 0,85	+ 0,90
					+ 3,04	— 2,34	+ 0,79	+ 0,74	|	+ 0,94	
					+ 1,90				• |	+ 2,06	+ 2,04
	+ 5,2	+ 3,3	+ 1,9	+ 22,2	+ 0,12	+ 1,78	+ 1,86	+ 1,88		+ 2,02	
11	+ 0,4	+ 1,5	— 1,1	+ 5,3	+ 1,10					+ 1,25	+ 1,27
					+ 3,40	— 2,30	+ 1,15	+ 1,13	|	+ 1,30	
					+ 1,10				• |	+ 1,26	+ 1,21
	+ 5,4	+ 4,3	+ 1,1	+ 24,8	— 0,73	+ 1,83	+ 1,01	+ 1,05		+ 1,17	

*) Für Horizontbild I ist $u : v = 5 : 2$, für Horizontbild II wie 2 : 3; mit $s = 95$ mm und $f = 139$ mm wird $c = 0{,}137$.

$\Delta\beta'_{II} = -2{,}25^g \pm 2{,}9^c \; (m = \pm 7{,}7^c)$

$\Delta\beta'_I = +1{,}74^g \pm 3{,}6^c \; (m = \pm 9{,}5^c)$

Tabelle 4. Ausmessung von Bildern der Horizontzusatzkammer.

Nr.	l	r	$l-r$ (ω')	$l+r$	$(l+r) \cdot c$*) (φ')	Lage des Nadirs	x_n / $x_{(n+1)}$	Δx	$\Delta \varkappa^g = \frac{\Delta x}{f} \cdot \varrho^g$	$\varkappa'$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
149	— 3,7	— 2,3	— 1,4	— 6,0	— 2,29		29,9			0,00
							30,2	— 0,3	— 0,26	
150	— 3,6	— 3,6	± 0,0	— 7,2	— 2,75		30,1			399,74
							27,9	+ 2,2	+ 1,88	
151	— 5,0	— 6,5	+ 1,5	— 11,5	— 4,39		30,9			1,62
							31,7	— 0,8	— 0,68	
152	— 4,8	— 4,9	+ 0,1	— 9,7	— 3,71		30,7			0,94
							31,1	— 0,4	— 0,34	
153	— 5,1	— 5,1	± 0,0	— 10,2	— 3,90		30,1			0,60
							27,9	+ 2,2	+ 1,88	
154	— 5,3	— 4,7	— 0,6	— 10,0	— 3,82		32,4			2,48
							26,8	+ 5,6	+ 4,78	
155	— 4,7	— 4,8	+ 0,1	— 9,5	— 3,63		30,8			7,26
							28,1	+ 2,7	+ 2,31	
156	— 3,9	— 5,3	+ 1,4	— 9,2	— 3,52		31,7			9,57
							28,4	+ 3,3	+ 2,82	
157	— 4,5	— 2,6	— 1,9	— 7,1	— 2,72					12,39

*) $s = 57{,}2$; $f = 74{,}5$, $c = 0{,}382$

Tabelle 6. Parallaxenmethode (RMK S 1818):

Nr.	Messung in Korrektostat-Abzügen b'	b''	a'	a°	a''	$a'_n - a^\circ_{n-1}$ / $a^\circ_{n+1} - a''_n$	(7) $\cdot \frac{f \cdot \varrho}{a^\circ_{n-1} \cdot b'_n}$ *) / (7) $\cdot \frac{f \cdot \varrho}{a^\circ_{n+1} \cdot b''_n}$	d	Mittel φ_o	Horizontbild φ'	Korr. Konst. $\Delta\varphi'$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
149		65,5		142,9	123,7						
						— 1,6	— 2,59				
150	64,6	64,2	140,8	122,1	137,0	— 2,1	— 2,96	+ 26	— 2,83	— 2,75	— 0,08
						— 1,8	— 2,70				
151	62,7	70,2	119,9	135,2	156,5	— 2,2	— 3,74	— 2	— 3,75	— 4,39	+ 0,64
						— 3,1	— 3,76				
152	69,3	69,3	133,2	153,4	161,6	— 2,0	— 2,78	— 18	— 2,87	— 3,71	+ 0,84
						— 2,5	— 2,96				
153	66,6	63,5	150,8	159,1	137,1	— 2,6	— 3,30	+ 11	— 3,25	— 3,90	+ 0,65
						— 2,1	— 3,19				
154	60,9	72,3	156,8	135,0	144,6	— 2,3	— 3,09	+ 5	— 3,06	— 3,82	+ 0,76
						— 2,4	— 3,04				
155	70,4	71,5	133,1	142,2	155,8	— 1,9	— 2,59	— 1	— 2,60	— 3,63	+ 1,03
						— 2,2	— 2,61				
156	69,8	70,6	140,7	153,6	151,9	— 1,5	— 1,97	— 74	— 2,34	— 3,52	+ 1,18
						— 2,2	— 2,71				
157	69,3		151,6	149,7		— 2,0	— 2,45				

*) $f = 205$ mm

$m_1 = \pm 22^c$ Mittel: $+ 0{,}85^c$
$m_2 = \pm 15^c$ (aus 151—156) $\pm 8{,}8^c$

Gedenktage

Prof. Dr. Kohlschütter.

Am 11. Juli d. J. hatte Prof. Dr.-Ing. e. h. Dr. phil. E. Kohlschütter, Wirklicher Admiralitätsrat, sein 70. Lebensjahr vollendet. Aus Anlaß dieses Tages und in Anerkennung seiner hervorragenden Arbeiten ist ihm vom Führer die Goethe-Medaille für Kunst und Wissenschaft verliehen worden.

Die Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie hat dem Jubilar für diesen Tag die herzlichsten Glückwünsche und Grüße übermittelt und erhielt nachstehendes Dankschreiben:

„Es ist ein großes Geschenk des Schicksals, die Vollendung des siebenten Lebensjahrzehnts in guter Gesundheit feiern zu können. Ein unvergleichlich größeres ist es aber, dadurch diese Zeit mit ihrem ungeheuren Geschehen und dem ungeahnten glänzenden Wiederaufstieg unseres Volkes noch mitzuerleben.

Dazu, daß mir diese Geschenke geworden sind, und daß darüber hinaus der Führer meine Arbeit durch Verleihung der Goethe-Medaille für Kunst und Wissenschaft anerkannt hat, haben mir viele liebe Freunde, Freundinnen, Arbeitskameraden, Kollegen und Schüler herzliche Glückwünsche ausgesprochen. Diese Teilnahme hat mich tief bewegt und die Erinnerung an gemeinsame Arbeit und gemeinsam verlebte schöne Stunden wachgerufen. So hat dieser Tag mein so reiches Leben, reich an Arbeit und reich an Erleben und Freude, noch weiter bereichert. Allen, die dazu beigetragen haben, sage ich wärmsten Dank und bitte sie, mich auch weiterhin in guter Erinnerung zu behalten.

Dank und Heil unserem Führer! gez. Ernst Kohlschütter.

Potsdam-Babelsberg 2, im Juli 1940."

Wilhelm Geßner 50 Jahre alt.

Am 2. August feierte Friedrich Wilhelm Geßner, der Direktor der Hansa-Luftbild G. m. b. H. und derzeitige Vorsitzende der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, seinen 50. Geburtstag. Nach dem Ende des Weltkrieges, während dessen Geßner bereits als Flieger im Luftbildwesen tätig war, übernahm er die Luftbildtätigkeit im Rahmen der damals gegründeten Deutschen Luftverkehrsgesellschaft und ihrer Nachfolgegesellschaften. Aus kleinen und mühevollen Anfängen sicherte er dem Luftbild innerhalb der zivilen Luftfahrt den gebührenden Platz und schuf in der Hansa-Luftbild G. m. b. H., einer Organgesellschaft der Deutschen Lufthansa, einen Betrieb, in dem die gesamte Luftbildtätigkeit im Großdeutschen Reich zusammengefaßt ist und dem als Vertrauensunternehmen der öffentlichen Hand die Durchführung der Luftbildarbeiten für die verschiedenen Behörden des Reiches, der Länder, Gemeinden usw. laufend übertragen werden.

Daß die Hansa-Luftbild heute imstande ist, die zahlreichen und verschiedenartigen Aufgaben, die ihr auf dem Gebiet des Luftbildwesens gestellt werden, in so vorbildlicher Weise zu bewältigen, dankt sie der weitblickenden Führung Geßners, der es sich von jeher angelegen sein ließ, unermüdlich auf die Verbesserung und Vereinfachung der Arbeitsmethoden hinzuwirken, und der es auch mit besonderem Geschick verstanden hat, den nötigen Nachwuchs an Ingenieuren und Technikern heranzubilden und für die praktische Arbeit zu schulen. Daneben ließ er in seinem Unternehmen auch der wissenschaftlichen Forschung stets eine verständnisvolle Pflege angedeihen und machte es damit zum Aus-

gangspunkt vieler wertvoller Erkenntnisse und Fortschritte. Nicht zuletzt dadurch erkämpfte er dem Luftbild und der Luftbildmessung nach anfänglichen Widerständen das Vertrauen und die Anerkennung, die heute bei den zahlreichen Nutznießern dieser neuen Technik schon zur Selbstverständlichkeit geworden sind. Aus dem neuzeitlichen Planungswesen läßt sich das Luftbild einfach nicht mehr fortdenken.

Als Vorsitzender der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie und als Senatsmitglied und Fachgruppenleiter der Lilienthalgesellschaft für Luftfahrtforschung konnte Geßner den reichen Schatz seiner Erfahrungen und sein organisatorisches Geschick mit Erfolg auch in weiteren Kreisen für die Sache des Luftbildwesens einsetzen, dem er mit nie ermüdender Arbeitsfreudigkeit verschworen ist.

Der Aufbau des Großdeutschen Reiches und die Neuordnung des deutschen Raumes werden nach der siegreichen Beendigung des Krieges an das Luftbildwesen umfassende Anforderungen stellen. Wir wünschen Herrn Geßner angesichts dieser großen Aufgaben viel Glück und Erfolg für sein weiteres Wirken!

Hochschulnachrichten

Prof. Dr.-Ing. Hugershoff wurde mit Zustimmung des Herrn Reichsforstmeisters und des Herrn Reichsministers für Wissenschaft, Erziehung und Volksbildung als ordentliches Mitglied in die Hermann-Göring-Akademie der deutschen Forstwissenschaft berufen.

Vor 50 Jahren erster photogrammetrischer Hochschulkursus für die Praxis.

Vor 50 Jahren fand der erste Kursus für Photogrammetrie mit praktischen Übungen statt. Er wurde an der Deutschen Technischen Hochschule in Prag durch Prof. Friedrich Steiner abgehalten, einen eifrigen Vorkämpfer und Förderer des Bildmeßwesens. Der Kursus hatte eine Dauer von 14 Tagen. An ihm nahmen teil Ingenieure, Techniker und Beamte des Staatsforstdienstes und der politischen Verwaltung des Ackerbauministeriums, u. a. der bekannte Förderer der Photogrammetrie Prof. Fr. von Wang, der danach als erster noch vor der Jahrhundertwende die Photogrammetrie den forstlichen Aufgaben dienstbar machte und auch gleichzeitig damit eine Dozentur für Photogrammetrie an der Hochschule für Bodenkultur geschaffen hat.

Nachrufe

Nachruf für Karl Peucker.

Am 23. Juli 1940 starb in Wien kurz nach Vollendung seines 81. Lebensjahres der bekannte Kartograph Regierungsrat Dr. phil. Karl Peucker. Als Mitgründer der Österreichischen Gesellschaft für Photogrammetrie hat Peucker 25 Jahre im Ausschuß dieser Gesellschaft mitgearbeitet. Er war einer der engsten Mitarbeiter Scheimpflugs. Nach dem Tode Scheimpflugs hat er sich mit anderen an der Nachlaßbearbeitung beteiligt. Als Kartograph ist Peucker durch seine Studien auf dem Gebiete der Schatten- und Farbenplastik, Physiographik und Höhenschichtenkarten hervorgetreten. Sehr eifrig hat er sich auch vor ungefähr 30 Jahren mit dem Studium zur Lösung des Problems der Flugkarte beschäftigt.

Die Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie wird den hervorragenden Gelehrten und Wegbereiter der Luftbildmessung in gutem Gedenken behalten.

Nachruf für M. von Rohr.

Kurz nach Vollendung seines 72. Lebensjahres starb am 20. Juni in Jena Professor Moritz von Rohr, der langjährige wissenschaftliche Mitarbeiter der Zeisswerke, Jena. Mit ihm verliert die gesamte technische Optik einen ihrer begeistertsten und hervorragendsten Vorkämpfer und Vertreter.

Moritz von Rohr wurde am 4. April 1868 in Longin, Kreis Hohensalza, geboren. Nach seinem Studium und einer dreijährigen Tätigkeit am damaligen königlichen Meteorologischen Institut in Berlin folgte er im Jahre 1895 einem Rufe Ernst Abbes nach Jena. In den 45 Jahren seiner Tätigkeit in Jena hat er auf den verschiedenen von ihm bearbeiteten Gebieten der Optik eine äußerst fruchtbare Tätigkeit entfaltet. Seine Forschungen auf dem Gebiete der Sehhilfen führten u. a. zur Schaffung der Punktalgläser und Fernrohrbrillen. Aber auch der Ausbildung des Augenoptikerstandes galten seine Bemühungen. Ihm ist die Einrichtung der ersten Fachschule für diesen Berufsstand zu verdanken.

Für die Photogrammetrie interessieren ganz besonders seine Arbeiten auf dem Gebiete der Instrumentenoptik. Auch hier ist ihm Hervorragendes zu danken. Seine Bemühungen auf dem Gebiete der photographischen Optik und der binokularen Instrumente waren aber nicht nur neu schaffend, sondern führten ihn auch auf das Gebiet der geschichtlichen Forschung. Hier hat er in einer angespannten langjährigen Arbeit die gesamte geschichtliche Entwicklung der Optik und binokularen Instrumente erforscht und in entsprchenden Werken zusammengefaßt. Auf Grund dieser Arbeiten hat ihn die Preußische Akademie der Wissenschaften gelegentlich einer Auszeichnung den „Historiker der technisch angewandten Optik“ genannt.

Wenn es der Photogrammetrie heute möglich ist, die ihr gestellten Aufgaben restlos zu erledigen, so ist das mit ein Verdienst des Verstorbenen, und so stehen auch die Photogrammeter trauernd mit den Optikern an der Bahre des bedeutsamen Mannes.

Aus seinen Werken sind an hervorragender Stelle zu nennen:

1. Über die Bedingungen für die Verzeichnungsfreiheit optischer Systeme mit besonderer Bezugnahme auf die bestehenden Typen photographischer Objektive; Zeitschrift für Instrumentenkunde, 1897.
2. Über die Lichtverteilung in der Brennebene photographischer Objektive mit besonderer Berücksichtigung der bei einfachen Landschaftslinsen und symmetrischen Konstruktionen auftretenden Unterschiede; Zeitschrift für Instrumentenkunde, 1898, S. 171—205.
3. Theorie und Geschichte des photographischen Objektivs; Berlin 1899.
4. Über perspektivische Darstellungen und die Hilfsmittel zu ihrem Verständnis; Zeitschrift für Instrumentenkunde, 1905, S. 293—305, 329—339, 361—371.
5. Die beim beidäugigen Sehen durch optische Instrumente möglichen Formen der Raumanschauung; Münch. Sitzungsber., Band 36, Heft 3, 1906, S. 487—506.
6. Über Einrichtungen zur subjektiven Demonstration der verschiedenen Fälle der durch das beidäugige Sehen vermittelten Raumanschauung; Zeitschrift für Sinnesphysiologie, 1907, S. 407—429.
7. Die binokularen Instrumente; 1. Auflage: Berlin 1907, 2. Auflage: Berlin 1920.
8. Abhandlungen zur Geschichte des Stereoskops, von Wheatstone, Brewster, Riddell, Helmholtz, Wenham, D'Almeida, Harmer (Ostwalds Klassiker Nr. 168); Leipzig 1908.
9. Die optischen Instrumente; 4. Auflage, Berlin 1930.
10. Beiträge zu „Das photographische Objektiv“; Handbuch der wissenschaftlichen und angewandten Photographie, Band 1, Berlin 1932.

Verlag: Herbert Wichmann, Berlin-Grunewald, Königsallee 21. Schriftwalter W. Geßner, Berlin SW 29, Flughafen.
Druck: C. Ziehlke, Bad Liebenwerda