

Cz. 2691

146

Bildmessung und Luftbildwesen

Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie e. V.

Beilage

zu

Hef 18 der Allgemeinen
Vermessungs-Nachrichten

vom 15. September 1941



Hef 3

XVI

September 1941

Verlag: Herbert Wichmann, Berlin-Grünwald

Bildmessung und Luftbildwesen

Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie e. V.

XVI - 1941 - 3

Inhalt:

Roos: Neue Definitionen für einige Grundbegriffe der Bildmessung	Seite 85
Gotthardt: Zur Frage der Projektionszentren in der Bildmessung	Seite 97
Schober: Aufgaben der Bildmessung	Seite 98
Kitsch: Das Verfahren und die Genauigkeit der rechnerisch durchgeführten Bildtriangulation . .	Seite 104
Von Langendorff 65 Jahre	Seite 111
Zum 30. Todestag Theodor Scheimpflugs (22. 8. 1941)	Seite 112
Emil Wolf †	Seite 116
Zehn Jahre Zeiss-Aerotopograph Jena	Seite 122
15 Jahre „Bildmessung und Luftbildwesen“	Seite 122
Gedenktage	Seite 123
Professor Gast und Professor Fritz †	Seite 124

Bildmessung und Luftbildwesen erscheint viermal im Jahre.
Bezug durch die Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie e. V.
Berlin SW 29, Flughafen
oder als Beilage der Allgemeinen Vermessungs-Nachrichten
Verlag: Herbert Wichmann, Berlin-Grunewald, Rufnummer 97 19 93
Preis des Einzelheftes 2.50 RM.



Bildmessung und Luftbildwesen

Zeitschrift

der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie e. V.

Schriftwalter: W. Geßner, Berlin SW 29, Flughafen

Verlag Herbert Wichmann, Berlin-Grunewald, Königsallee 21, Fernsprecher 971993

Nachdruck nur mit ausdrücklicher Genehmigung gestattet

Aufsätze und Fachberichte für das nächste Heft bitten wir bis zum 1. Nov. 1941 an Dir. Geßner zu senden

16. Jahrgang

September 1941

Heft 3

Neue Definitionen für einige Grundbegriffe der Bildmessung

Von Dr. Wolfgang Roos, Jena.

Der Vorgang der optischen Projektion spielt in der Bildmessung eine ganz entscheidende Rolle; er bildet geradezu das Wesen der Photogrammetrie. Trotzdem wird merkwürdigerweise die Abbildung durch ein Objektiv in der Theorie der Bildmessung recht stiefmütterlich behandelt. Sie wird fast durchweg ersetzt durch eine einfache Zentralprojektion oder auch durch die rein formale Konstruktion von Bildpunkten mit Hilfe der Knotenpunkte. Diese zweite Darstellung hat dazu geführt, daß die Knotenpunkte für die wirklichen Zentren der Projektion gehalten wurden — statt der Pupillenmitten. In einem früheren Aufsatz¹ sind die Folgen dieser Verwechslung für die Erkenntnis theoretischer Zusammenhänge und für die praktische Meßtechnik behandelt worden.

Im folgenden soll nun gezeigt werden, daß die Bildmessung auf diese irreführende Beschreibung der optischen Projektion mit Hilfe der Knotenpunkte überhaupt nicht angewiesen ist. Legt man der Darstellung den wirklichen physikalischen Vorgang zugrunde, so wird sie dadurch nicht etwa umständlicher als bei Benutzung der Knotenpunkte. Vor allem aber führt dies zwangsläufig zu neuen Definitionen einiger Grundbegriffe, die im Gegensatz zu den bisherigen den praktisch angewandten Meßverfahren sinngemäß entsprechen. Eine solche Anpassung ihrer Begriffe an die technische Entwicklung bedeutet für die Bildmessung mehr als eine verhältnismäßig untergeordnete Darstellungsfrage. Sie ist eine Notwendigkeit, z. B. sobald man verzeichnende Objektive verwendet. Die im folgenden gegebenen Definitionen sind Vorschläge zu diesem Zweck; nicht als endgültige Formulierungen sind sie gedacht, sondern als sachliche Grundlage für eine spätere Neufassung der Begriffe.

Der Vorgang der optischen Projektion und seine Darstellung.

Unter optischer Projektion soll im folgenden die Abbildung des Raumes auf eine Ebene mit Hilfe von Lichtstrahlen verstanden werden, also der für die Bildmessung bei weitem wichtigste Fall. Den Raum bezeichnen wir dabei als Objekt, die Ebene als Bild. Nur ausnahmsweise wird auch vom Sonderfall der optischen Abbildung einer Ebene auf eine andere die Rede sein.

1. Vereinfachende Darstellungen.

Die Darstellung der optischen Projektion als einfache Zentralprojektion wird durch die bekannte Lochkamera verwirklicht. Hier ist in aller Strenge:

$$l' = c \cdot \operatorname{tg} w.$$

¹ W. Roos: Über die Lage der Projektionszentren bei einem Objektiv und ihre Bedeutung in der Bildmessung; B. u. L. 15, 88—96 (1940).

akt. D. 1193/64

Dabei sind (vgl. Abb. 1) die Objektwinkel w gegen die Richtung des Lotes von der Mitte O des Lochs auf die Bildebene gemessen, die Bildgrößen l' vom Fußpunkt H' dieses Lotes aus,

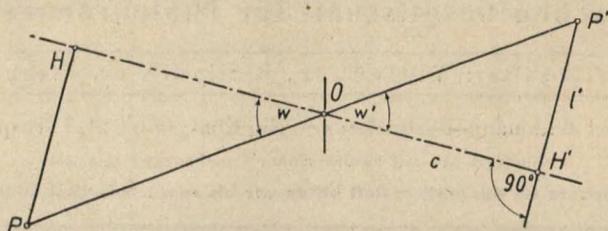


Abb. 1: Bei der Lochkammer sind objekt- und bildseitige Bildwinkel einander gleich: $w' = w$. Sie liefert eine strenge Zentralprojektion: $l' = c \cdot \operatorname{tg} w$.

und c ist die Länge des Lotes, also für alle Objektwinkel w gleich groß. Die Gleichung: $l' = c \cdot \operatorname{tg} w$ bezieht sich nicht etwa nur auf den Fall unendlichen Objektabstandes; für einen nahen Objektpunkt P ist vielmehr zu setzen: $\operatorname{tg} w = \frac{PH}{HO}$. Das gilt entsprechend auch für die Abbildung durch ein Objektiv und wird im folgenden nicht mehr ausdrücklich erwähnt. *Bei der Lochkammer sind objekt- und bildseitige Bildwinkel einander gleich: $w' = w$.*

Unter einem idealen Objektiv wollen wir ein gedachtes Linsensystem verstehen, das eine sogenannte kollineare Abbildung vermittelt und insbesondere folgende Eigenschaften hat: Die Lage der Knotenpunkte und Pupillen sei unabhängig vom Bildwinkel², die Strahlenvereinigung in der Bildebene vollkommen und Verzeichnung liege nicht vor, d. h. es sei: $l' = c \cdot \operatorname{tg} w$; dabei sei c eine Konstante, l' und w seien auf die Symmetrieachse des Systems bezogen und die Bildebene stehe senkrecht auf ihr. Ein solches „ideales Objektiv“ gibt es nicht und kann es nicht geben, nicht nur wegen der unvermeidlichen Herstellungsfehler, sondern auch weil Naturgesetze die gleichzeitige und vollkommene Erfüllung der genannten Bedingungen auch bei beliebigem Aufwand an Mitteln verbieten. Trotzdem zeigt das ideale Objektiv in mehr oder weniger guter Näherung die Eigenschaften der wirklichen Linsensysteme und ihre grundsätzlichen Unterschiede gegenüber der Lochkammer. Wie früher gezeigt wurde, treten an die Stelle des einen Projektionszentrums O bei der Lochkammer nun zwei, die Mitten der Ein- und Austrittspupille (vgl. Abb. 3; sie stimmt mit Abb. 6, a. a. O., S. 95, im wesentlichen überein). In ihnen müssen die Objekt- und Bildwinkel gemessen werden; denn sie sind maßgebend für die objektiv nachweisbaren Wirkungen: die Perspektive im Objektraum und die Lagenänderung der Zerstreungskreise bei Verschiebung der Bildebene. Der wesentlichste Unterschied gegenüber der Lochkammer aber ist der, daß diese *objekt- und bildseitigen Bildwinkel w und w' einander im allgemeinen nicht mehr gleich sind*, daß also tatsächlich nicht eine einfache Zentralprojektion zwischen Objektraum und Bildebene vorliegt, sondern zwei ganz getrennte Zentralprojektionen im Objekt- und Bildraum mit den Pupillen als Zentren. Das Ergebnis der optischen Projektion:

$$l' = c \cdot \operatorname{tg} w$$

ist zwar das gleiche wie bei der einfachen Zentralprojektion in einer Lochkammer am Ort der Eintrittspupille, der tatsächliche Vorgang aber ist ein völlig anderer — schon in der Näherung des idealen Objektivs.

² Das bedeutet also z. B. für die Pupillen, daß sowohl auf der Objekt- als auch auf der Bildseite die Hauptstrahlen für sämtliche Bildwinkel durch einen Punkt gehen. Vgl. a. a. O., S. 89.

2. Der wirkliche Strahlengang.

Eine Beschreibung des wirklichen Strahlenverlaufs durch ein Objektiv, der dabei auftretenden Bildfehler und ihrer Bedeutung für die Bildmessung hat Weidert³ gegeben. Daß trotz dieser oft recht verwickelten Vorgänge das oben definierte ideale Objektiv wenigstens grundsätzlich die wirklichen Verhältnisse darstellt, liegt daran, daß die Hersteller der Objektive im allgemeinen bemüht sind, innerhalb der theoretisch und praktisch gegebenen Grenzen dem idealen Objektiv nahezukommen, d. h. die unvermeidbaren Abweichungen von ihm unter die Schwelle der Meßgenauigkeit zu drücken. Von diesem meist befolgten Grundsatz gibt es aber zwei praktisch wichtige Ausnahmen:

Erstens kommt es auf eine Unabhängigkeit der Lage der Austrittspupille vom Bildwinkel nicht an, falls die Bildebene gegenüber dem Objektiv eine unveränderliche Lage hat, wie das z. B. bei den meisten Aufnahmegeräten der Bildmessung der Fall ist. Von diesem Freiheitsgrad macht der Berechner eines Objektivs zugunsten der übrigen Korrektur, soweit es nützlich ist, Gebrauch. In einzelnen Fällen kann die Abhängigkeit der Austrittspupille vom Bildwinkel so weit gehen, daß von einer bestimmten Lage der Austrittspupille überhaupt nicht mehr gesprochen werden kann. Das bedeutet, daß auf der Bildseite keine Zentralprojektion vorliegt und daher eine Verschiebung der Bildebene nicht nur den Maßstab, sondern auch die Verzeichnung ändern würde. Trotzdem kann in der festgelegten Bildebene ein solches Objektiv vollkommen verzeichnungsfrei sein, d. h. die Bedingung $l = c \operatorname{tg} w$ erfüllen, falls nur die Bildwinkel w' die Aberrationen der Austrittspupille in solcher Weise ausgleichen, daß die Lichtstrahlen die Bildebene an den richtigen Stellen treffen. — Auch bei der Eintrittspupille kann eine Abhängigkeit vom Bildwinkel völlig unschädlich sein, falls sie gegenüber dem Objektstand vernachlässigbar ist. — Dagegen müssen z. B. bei Objektiven für Entzerrungsgeräte (auch bei mäßigen Ansprüchen an die Genauigkeit) die Abweichungen der Ein- und Austrittspupille genügend klein gehalten werden. Die Korrektur eines Objektivs richtet sich also nicht nach irgendeinem Idealtyp, sondern nach dem besonderen Verwendungszweck.

Dies gilt ebenso für den zweiten Unterschied zwischen dem idealen und den meisten wirklichen Objektiven, für die Abweichung vom Tangensgesetz: $l = c \cdot \operatorname{tg} w$. In der bildmäßigen Photographie könnte man allerdings ein stark verzeichnendes Objektiv nicht gebrauchen; denn hier kommt es auf „Ähnlichkeit“ zwischen Objekt und Bild tatsächlich an. Auch in der Bildmessung spielt die Beziehung: $l = c \cdot \operatorname{tg} w$ aus praktischen Gründen (z. B. Anwendung einfachster Auswertverfahren) eine große Rolle. Man sollte aber doch nicht übersehen, daß es sich bei diesem Tangensgesetz der Verzeichnung um einen Sonderfall handelt, der — jedenfalls grundsätzlich — durchaus nicht alleinberechtigt ist. Ein Naturgesetz ist er nur bei der Lochkammer. In allen anderen Fällen dagegen ist ja eine Proportionalität zwischen den Bildgrößen und den Tangenten der Objektwinkel keineswegs von vornherein gegeben. Bei manchen Objektiven gelingt es dem Hersteller, diese Beziehung mit praktisch ausreichender Näherung zu verwirklichen; bei anderen bleiben „Verzeichnungsreste“; es kann aber auch vorkommen, daß man anderen Vorteilen zuliebe gar keinen Wert darauf legt, das Tangensgesetz auch nur annähernd zu erfüllen. Diese Abweichungen vom Gesetz: $l = c \cdot \operatorname{tg} w$ sind nicht als „Fehler“ der Objektive im üblichen Sinne zu betrachten. Ihre Bedeutung richtet sich ganz nach dem jeweiligen Verwendungszweck. Grundsätzlich kommt es in der Bildmessung auf die Form der Funktion: $l = c \cdot F(w)$ gar nicht an, sondern lediglich darauf, daß man sie in der erforderlichen Näherung überhaupt kennt, sei es in Form eines geschlossenen Ausdrucks, einer Reihenentwicklung, einer Kurve oder Tabelle. Ob die praktische Auswertung von Meßbildern, die mit solchen verzeichnenden Objektiven hergestellt

³ F. Weidert: Die Eigenschaften des photographischen Objektivs mit Rücksicht auf seine Verwendung zur Bildmessung. Vorträge vor der Int. Ges. f. Photogrammetrie 1926. Berlin 1927.

wurden, nach dem Porro-Koppeschen Prinzip, durch andere optische Mittel oder mit Hilfe mechanischer Vorrichtungen erfolgt (von der Möglichkeit der Radialtriangulation sehen wir hier ab), ist kein grundsätzliches, sondern ein technisches Problem, das von den Herstellern der Geräte gelöst werden muß. Die große praktische Bedeutung der verzeichnungsfreien Objektive für viele Zwecke soll nicht verkleinert werden. Aber *man kann die strenge Erfüllung des Tangensgesetzes nicht als die Norm bezeichnen, eher als einen Einzelfall*, der um so seltener wird, je höhere Meßgenauigkeit man anwendet oder je mehr sich die Verwendung von Sonderobjektiven höchster Leistung durchsetzt. Diese grundsätzlichen Möglichkeiten der technischen Entwicklung sollte auch die Darstellung der Theorie mit umfassen.

3. Die übliche Darstellung in der Bildmessung.

Wie wird nun in der Bildmessung dieser so wichtige Vorgang der optischen Projektion im allgemeinen dargestellt? Die Antwort muß lauten: entweder überhaupt nicht oder falsch.

In den weitaus meisten Fällen wird auf eine Beschreibung des physikalischen Vorgangs bewußt oder unbewußt verzichtet. Man setzt an seine Stelle die mathematische Beziehung der Perspektivität, d. h. die Zuordnung der Punkte zweier Ebenen mit Hilfe eines geometrischen Strahlenbündels durch ein Projektionszentrum, wie sie tatsächlich nur bei der *L o c h k a m m e r* vorliegt. An sich ist gegen eine solche Darstellung nicht das geringste einzuwenden. Jede quantitative Beschreibung eines physikalischen Vorganges bedeutet ja mehr oder weniger eine mathematische Idealisierung. Es kommt aber darauf an, die Grenzen ihrer Anwendbarkeit zu beachten. So ist ja z. B. auch die geometrische Optik nicht denkbar ohne die Fiktion der Licht„strahlen“; es gibt aber auch ganze Gebiete, in denen sie versagt und durch beugungstheoretische Untersuchungen ergänzt werden muß, die den wahren Vorgang besser erfassen (bekanntestes Beispiel: das Mikroskop). Ebenso ist für die Bildmessung die *Lochkammer ein unentbehrliches Hilfsmittel* (ihre Verhältnisse werden ja z. B. auch mechanisch verwirklicht in manchen Auswertgeräten mit rein mechanischer Projektion). Allerdings ist es nur so lange und in solcher Näherung anwendbar, wie es dem physikalischen Vorgang in dem betrachteten Einzelfalle entspricht.

Bedenklich ist es dagegen, wenn man glaubt, die wahren Verhältnisse einfach dadurch berücksichtigen zu können, daß man an Stelle des einen Projektionszentrums die beiden *K n o t e n p u n k t e* des Objektivs setzt. Diese „Beschreibung“ der physikalischen Tatsachen ist schlechter als gar keine; denn sie beruht auf einer Verwechslung des wirklichen Strahlengangs mit einer rein formalen Konstruktion von Bildpunkten auf dem Papier (gegen deren Brauchbarkeit für die ihr vorbehaltenen Zwecke damit natürlich nichts gesagt ist). Daß *diese Darstellung zu Trugschlüssen geführt hat und unter bestimmten Voraussetzungen sogar zu Meßfehlern Anlaß geben kann*, wurde a. a. O. gezeigt. Sie sollte daher auf jeden Fall vermieden werden. Was aber soll man zweckmäßig an ihre Stelle setzen und welche Folgen hat eine solche Änderung der Darstellung für die eng mit ihr zusammenhängenden Definitionen der photogrammetrischen Begriffe?

Folgerungen für die Definitionen der photogrammetrischen Begriffe.

1. Grundsätzliches.

Es ist verständlich, daß Lochkammer und Knotenpunkte auch die Ausgangspunkte für die heute gültigen Definitionen der photogrammetrischen Begriffe gewesen sind, die man z. B. in dem Normblatt DIN VERM 35 zusammengestellt findet. Das darf uns nicht hindern, die notwendigen Folgerungen aus der erkannten Verbesserungsbedürftigkeit der Darstellung zu ziehen. Wenn sich dabei zwangsläufig Änderungen ergeben, so könnte dies allein wohl niemanden veranlassen, bewährte und allgemein eingeführte Begriffsbestimmungen umzustoßen — nur einer besseren Darstellung der optischen Projektion zuliebe. Dies ist auch nicht der *Sinn der neuen Vorschläge*. Gewisse Definitionen des Normblattes aber haben sich

gar nicht so bewährt und allgemein durchgesetzt, wie es nach einem Blick in manche Lehrbücher scheinen könnte. Sie lassen vielmehr die beim praktischen Arbeiten angewandten Verfahren völlig unberücksichtigt und müssen dies auch tun, da sie ja nicht dem wirklichen physikalischen Vorgang entsprechen. *Nicht ein Schönheitsfehler der Darstellung veranlaßt uns zur Aufstellung neuer Definitionen, sondern das Bedürfnis nach einer Anpassung der Begriffe an den heutigen Stand* — und möglichst auch an die künftige Entwicklung — *des Gerätebaus, der Meß- und Justierverfahren.* Die Bildmessung ist kein Teil der Mathematik, sondern eine Meßtechnik. Mathematische Begriffsbestimmungen genügen daher nicht als Definitionen ihrer Grundbegriffe; denn Konstruktionen, die nur auf dem Papier ausführbar sind, sind für die praktische Meßtechnik wertlos. *Diese Definitionen müssen vielmehr Meßvorschriften enthalten, müssen also den wirklich vorliegenden Verhältnissen und Meßvorgängen entsprechen.* Eine solche Anpassung der Definitionen an die praktischen Bedürfnisse läßt sich auf die Dauer gar nicht umgehen, sondern wird von der Entwicklung der Technik früher oder später erzwungen, z. B. durch die Verwendung von verzeichnenden Objektiven, bei denen das Versagen der heute üblichen Vorstellungen besonders deutlich ist. Der hier unternommene Versuch erhebt nicht den Anspruch, schon eine endgültige und allgemeinverbindliche Lösung zu bieten. Eine Neufassung der Normen könnte ja nur durch eine allgemeine Vereinbarung zustande kommen und muß versuchen, den verschiedensten Bedürfnissen gerecht zu werden. Hier sollen die sachlichen Zusammenhänge geklärt werden, die die Grundlage einer solchen Neufassung zu bilden hätten.

Erleichtert wird diese notwendige Umstellung dadurch, daß sie sich auf eine verhältnismäßig kleine Zahl von Definitionen beschränkt. Wir unterscheiden im folgenden drei Gruppen von photogrammetrischen Begriffen. Zu den mathematischen Begriffen rechnen wir alle diejenigen, die unmittelbar aus der Geometrie übernommen wurden und sich auf den Fall der einfachen Zentralprojektion beziehen. Daneben ist in der Bildmessung häufig von gewissen optischen Begriffen die Rede; sie stammen aus der geometrischen Optik und haben tatsächlich für den Photogrammeter auch nur dann Bedeutung, wenn er sich gelegentlich mit Problemen befassen will, die ihm im allgemeinen der Hersteller seiner optischen Geräte schon abgenommen hat. Diese optischen Begriffe sind zu unterscheiden von denjenigen, die die Photogrammetrie als Meßtechnik nötig hat und die wir als photogrammetrische Begriffe im engeren Sinne bezeichnen wollen. Die Abgrenzung zwischen diesen beiden Gruppen ergibt sich aus der meßtechnischen Aufgabe der Bildmessung. Diese besteht ja im wesentlichen darin, aus der Lage der Punkte in der Bildebene auf die Richtung derjenigen Strahlenkegel im Objektraum zu schließen, die diese Punkte erzeugten. *Dazu braucht der Photogrammeter nur zu kennen: das auf der Objektseite in die Mitte der Eintrittspupille eintretende Hauptstrahlenbündel, die Punkte der Bildebene und die gegenseitige Zuordnung.* Alle weiteren Daten, also Knotenpunkte, Austrittspupille, Strahlengang in und hinter dem Objektiv, ja selbst die gegenseitige Lage von Eintrittspupille und Bildebene braucht er für seine Zwecke nicht und kennt sie auch im praktischen Falle meistens tatsächlich nicht oder nur annähernd. Dasselbe gilt im allgemeinen auch für die Lage der Eintrittspupille gegenüber der Objektivfassung, da sie für die Messung nur in Sonderfällen von Bedeutung ist. *Es braucht also niemand zu befürchten, daß die Darstellung der optischen Projektion und die Definition der photogrammetrischen Begriffe verwickelter würde oder besondere Kenntnisse über die optischen Eigenschaften des verwendeten Objektivs verlange, wenn man sie dem tatsächlichen physikalischen Vorgang anpaßt.*

2. Photogrammetrische Begriffe.

Der Bildhauptpunkt H' wird bisher definiert als der Fußpunkt des Lotes vom Projektionszentrum auf die Bildebene, also nach dem Vorbild der Lochkammer (Abb. 1). Als Projektionszentrum gilt dabei der bildseitige Knotenpunkt. Es dürfte im allgemeinen Fall einige Schwierigkeiten machen, dieses Lot wirklich zu fällen und den Bildhauptpunkt ent-

sprechend dieser Definition zu bestimmen (z. B. bei verzeichnenden Objektiven). Tatsächlich geht man vielmehr, z. B. bei der Justierung einer Meßkammer, so vor: man richtet die Zielachse eines Fernrohrs auf die Mitte der Eintrittspupille des Objektivs, stellt die Zielachse durch Autokollimation senkrecht zur Bildebene und betrachtet dann mit dem Fernrohr die Bildebene durch das Objektiv hindurch; der Punkt der Bildebene, der dann im Fadenkreuz des Fernrohrs abgebildet wird, ist der Bildhauptpunkt. *Der Bildhauptpunkt H' muß also definiert werden als der Durchstoßungspunkt desjenigen Lichtstrahls mit der Bildebene, der durch die Mitte der Eintrittspupille geht und im Objektraum senkrecht zur Bildebene gerichtet ist* (abgesehen von etwaigen Knickungen des Strahlengangs durch Spiegel oder Prismen). Die *Aufnahmeachse* geht durch die Mitte der Eintrittspupille und steht senkrecht auf der Bildebene, fällt also im Objektraum mit dem eben beschriebenen Lichtstrahl zusammen (vgl. Abb. 2). Hinter dem Objektiv dagegen braucht dieser Strahl durchaus nicht mehr senkrecht zur Bildebene zu verlaufen; das tut er nur in Sonderfällen, z. B. symmetrischen Objektiven, und wenn die Aufnahmeachse mit der optischen Achse zusammenfällt. Diese Definitionen des Bildhauptpunktes und der Aufnahmeachse entsprechen also den einfachsten, wirklich angewandten Meßverfahren, sie erfordern keine Rechenarbeit und setzen weder Verzeichnungsfreiheit noch die Kenntnis des Verzeichnungsgesetzes voraus.

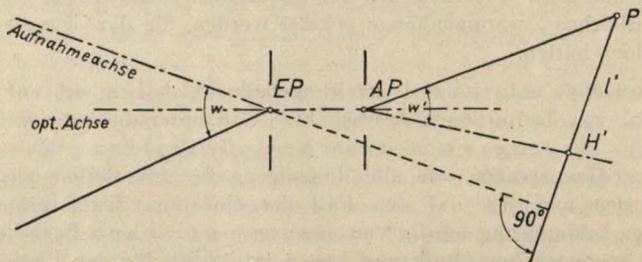


Abb. 2: Die Aufnahmeachse geht durch die Mitte der Eintrittspupille des Objektivs und steht senkrecht auf der Bildebene. Der im Objektraum mit ihr zusammenfallende Lichtstrahl trifft die Bildebene im Bildhauptpunkt H' .

Als Bildgröße l' bezeichnen wir hier den radialen Abstand eines Punktes in der Bildebene vom Bildhauptpunkt, als Objektwinkel w den Winkel zwischen der Aufnahmeachse und dem Lichtstrahl von dem zugehörigen Objektpunkt durch die Mitte der Eintrittspupille. *Die Objektwinkel werden also in der Mitte der Eintrittspupille gemessen*, was sich im allgemeinen bei einwandfreier Versuchsanordnung (Vermeidung einseitiger Vignettierung, Beobachtung der Austrittspupille hinter dem Okular des Fernrohrs) ganz von selbst ergibt. — Diese Definitionen der Bildgrößen und Objektwinkel stehen im Gegensatz zu den in der geometrischen Optik üblichen, die diese Größen auf die optische Achse und ihren Durchstoßungspunkt mit der Bildebene bezieht (man könnte daher auch andere Bezeichnungen für sie einführen, z. B. Radialabstand r' und Eintrittswinkel τ). In der Bildmessung aber spielen der Bildhauptpunkt und die Aufnahmeachse die größere Rolle, und zwar aus folgendem Grunde. In den weitaus meisten Fällen bringt man ja die oben definierte Aufnahmeachse so genau wie möglich mit der optischen Achse, d. h. der Symmetrieachse des Linsensystems, zur Deckung, stellt also die Bildebene senkrecht zu dieser. Dann herrscht mit sehr großer Näherung *Rotationssymmetrie der Bildgrößen und Objektwinkel in bezug auf den Bildhauptpunkt und die Aufnahmeachse*, selbst bei kleinen Richtungsabweichungen der optischen Achse. Man kann diese Symmetrie ja auch umgekehrt benutzen, um die Lage des Bildhauptpunktes zu bestimmen (bei verzeichnungsfreien Objektiven; die Rechnung entspricht einem Rückwärtseinschnitt) oder — was einfacher und immer möglich ist — wenigstens sein Zusammenfallen mit dem Bildmittelpunkt zu prüfen. Diese Rotationssymmetrie, auf die es in der Bildmessung ankommt, möchte man auch beibehalten, wenn — z. B. zur Erfüllung der Scheim-

pflugbedingung — die optische und die Aufnahmeachse einen größeren Winkel miteinander einschließen. Bei der Lochkammer (Abb. 1) ergibt sie sich von selbst, bei Verwendung von Objektiven dagegen — das sei ausdrücklich betont — nur dann, wenn diese ganz besondere Eigenschaften haben. Ist das in ausreichender Näherung der Fall, so ist auch die gewünschte Symmetrie der Bildgrößen und Objektwinkel vorhanden, falls man diese auf den Bildhauptpunkt und die Aufnahmeachse bezieht.

Objektwinkel und Bildgrößen stehen in jeder Kammer in einem bestimmten Zusammenhang:

$$l' = c \cdot F(w).$$

Diese Funktion: $c \cdot F(w)$ bezeichnen wir als *innere Orientierung* und verallgemeinern damit die bisher übliche Begriffsbestimmung, die sich auf den Sonderfall der verzeichnungsfreien Objektive bezieht. Durch welche Daten die innere Orientierung im Einzelfalle gegeben ist, ist grundsätzlich gleichgültig. Sie hat nur den Zusammenhang zwischen Bildgrößen l' und Objektwinkeln w , um den es sich allein handelt, eindeutig wiederzugeben. (Dazu gehört also in der Regel auch die Kenntnis des Bildhauptpunktes und der Aufnahmeachse.) In den meisten Fällen wird das Tangensgesetz:

$$l' = c \cdot \operatorname{tg} w$$

eine mehr oder weniger gute Näherung sein. Die innere Orientierung kann dann gegeben sein z. B. durch die Koordinaten des Bildhauptpunktes, durch den Faktor c und gewisse Korrektionswerte $\Delta l'(w)$:

$$l' = c \cdot \operatorname{tg} w + \Delta l'$$

oder $\Delta c(w)$:

$$l' = (c + \Delta c) \cdot \operatorname{tg} w$$

oder auch $\Delta w(w)$:

$$l' = c \cdot \operatorname{tg}(w + \Delta w).$$

Auf irgendwelche Punkte oder sonstige Bestimmungsstücke zwischen Eintrittspupille und Bildebene kommt es also überhaupt nicht an, sondern ausschließlich auf den *Zusammenhang zwischen Bildgrößen und Objektwinkeln*. *Allein durch Messen dieser Größen bestimmt man praktisch die innere Orientierung*; der bildseitige Knotenpunkt dagegen ist dabei völlig bedeutungslos. Das gilt genau so, wenn die innere Orientierung durch die Positions- oder Paßwinkel gegeben ist. Auch diese werden — gleichgültig, ob Verzeichnung vorliegt oder nicht — durch das Objektiv hindurch, also auf der Objektseite gemessen als die Winkel, die zu bestimmten Abständen in der Bildebene gehören.

Den Maßstabfaktor c bezeichnen wir als *Kammerkonstante*. Er hat die Dimension einer Länge und stimmt beim idealen Objektiv und unendlichem Objektstand mit der — später zu definierenden — Bildweite a' (und in diesem Falle auch mit der Brennweite f) überein. Er wird daher oft Bildweite genannt⁴. Sobald man aber eine dieser Voraussetzungen aufgibt, z. B. wie in Abb. 3b die des unendlichen Objektstandes, ist die Länge c , die für den Zusammenhang: $l' = c \cdot F(w)$ zwischen Bildgrößen l' und Objektwinkeln w maßgebend ist, verschieden von dem Abstand a' des bildseitigen Knotenpunktes vom Bildhauptpunkt, und man ist daher genötigt, für eine der beiden Größen eine neue Bezeichnung einzuführen. — *Das Wort „Kammerkonstante“ bringt das Wesen des Faktors c gut zum Ausdruck*. Es deutet an, daß es sich hierbei um eine Eigenschaft nicht des Objektivs allein, sondern der Kammer (d. h. des Systems: Objektiv + Bildebene) handelt. Auch das Wort „Konstante“ entspricht genau der Bedeutung des Faktors c ; denn wenn z. B. das Tangensgesetz nur annähernd erfüllt ist, stellt man ja tatsächlich die innere Orientierung dar durch den Anteil: $c \cdot \operatorname{tg} w$ mit konstantem, d. h. von w unabhängigem c und durch die „Lagefehler“ $\Delta l'(w) = \Delta c \cdot \operatorname{tg} w \approx c \cdot \operatorname{tg} \Delta w$; dasselbe gilt auch bei jedem anderen Verzeichnungsgesetz: $l' = c \cdot F(w)$.

⁴ Auch a. a. O. S. 93 ist dies unter den genannten Voraussetzungen geschehen, um keine neue Bezeichnung einführen zu müssen.

Der Ausdruck „Kammerkonstante“ steht außerdem in Analogie zu der Benennung von Apparatkonstanten bei anderen physikalischen Geräten, z. B. der Galvanometerkonstante, und erinnert daher daran, daß sie wie diese durch eine Eichung der Kammer gewonnen werden muß.

Das Verfahren bei der praktischen Bestimmung der Kammerkonstante hat Weidert für den Fall einer auf unendlich abgestimmten Kammer a. a. O. ausführlich beschrieben⁵; für endlichen Objektabstand kann es sinngemäß übertragen werden. Der Zahlenwert der Kammerkonstante hängt natürlich von den Besonderheiten des Eichverfahrens und seiner rech-

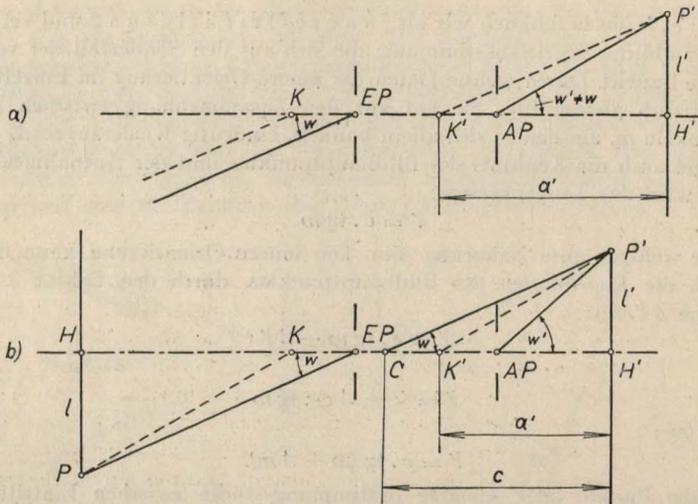


Abb. 3. Ideale Objektive, a) unendlicher, b) endlicher Objektabstand. Zentren der optischen Projektion sind nicht die Knotenpunkte K und K' , sondern die Pupillennitten EP und AP mit: $w' \neq w$. Die Linie CP' ist nicht die Fortsetzung des Lichtstrahls PEP ; dies ist vielmehr der Strahl APP' . Die Kammerkonstanten: $c = l' \cdot \text{ctg } w$ sind im Falle a) und b) gleich, die Bildweiten: $a' = K'H'$ dagegen verschieden (ebenso die Brennweiten). Im Falle a) sind Kammerkonstante und Bildweite zahlenmäßig gleich, im Falle b) verschieden.

nerischen Auswertung ab. Man erhält also im allgemeinen verschiedene Ergebnisse, z. B. je nach der Wahl der Filter und der Blendenöffnung oder auch je nachdem, ob man die Kammerkonstante nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnet oder z. B. aus einem einzigen geeignet gewählten Wertepaar (l', w) , (für das man den Lagefehler: $\Delta l'(w) = 0$ setzt). Durch derartige Angaben muß also nötigenfalls die des Zahlenwertes von c ergänzt werden. Es hätte aber wenig Sinn, etwa ein bestimmtes Eichverfahren allgemein vorzuschreiben und in die Definition der Kammerkonstante mit aufzunehmen; denn wie man bei der Eichung vorzugehen hat, richtet sich nach praktischen Gesichtspunkten, die von Fall zu Fall verschieden sind. Grundsätzlich kommt es auf den Wert der Kammerkonstante allein überhaupt nicht an (man kann ihr sogar willkürlich irgendeinen, z. B. abgerundeten Wert geben); denn die Eichung der Kammer besteht ja nicht in der Bestimmung der Kammerkonstante c allein, sondern in der Ermittlung der inneren Orientierung, und es ist eine Frage der Zweckmäßigkeit, wie man die Funktion: $c \cdot F(w)$ in die Anteile c und $F(w)$ aufspaltet, d. h. auf welche Konstante c man z. B. die Korrektionswerte $\Delta l'(w)$ bezieht.

Es liegt nahe, die Kammerkonstante auch anschaulich darzustellen. Trägt man, wie das in Abb. 3b geschehen ist, bei dem idealen Objektiv die Strecke c vom Bildhauptpunkt H' aus

⁵ Auch Weidert spricht dabei — S. 141 ff. — von einer „Apparatkonstante“, die an die Stelle der optisch definierten Brennweite tritt.

ab, so erhält man den Punkt C , von dem aus die Bildgröße l' unter dem Objektwinkel w erscheint. Es ist von anderer Seite vorgeschlagen worden, diesen Punkt C als bildseitiges Projektionszentrum unter der Bezeichnung *Bildzentrum* in die Bildmessung einzuführen, während die Mitte der Eintrittspupille den Namen Dingzentrum erhalten soll. Ding- und Bildzentrum sollen dann die für die Bildmessung entbehrlichen Knotenpunkte ersetzen. Dieser Vorschlag will vermitteln: er berücksichtigt einerseits die physikalische Bedeutung der Eintrittspupille für die Perspektive im Objektraum, rettet aber andererseits die von der Lochkammer und den Knotenpunkten her gewohnte Gleichheit der objekt- und bildseitigen Bildwinkel. Das Bestechende daran ist ohne Zweifel, daß die Zentralprojektion: $l' = c \operatorname{tg} w$, auf die es dem Photogrammeter im Ergebnis ankommt, durch die Geraden von C zu den einzelnen Bildpunkten P' auch als Vorgang unmittelbar anschaulich dargestellt wird.

Trotzdem halten wir es für notwendig, auf die Einführung des neuen Begriffes „Bildzentrum“ zu verzichten. Man hat ja schon einmal geglaubt, die bei der Lochkammer tatsächlich vorliegende Gleichheit der objekt- und bildseitigen Bildwinkel wenigstens rein formal auf die wirklichen Objektive übertragen zu können, nämlich durch die Benutzung der Knotenpunkte. Es wird schwierig genug sein, die dadurch entstandenen Irrtümer und Trugschlüsse endgültig auszurotten. Man sollte sich daher hüten, diesem Fehler ein zweites Mal Vorschub zu leisten, wenn auch nur auf der Bildseite! Gewiß will die Einführung des Bildzentrums gar nicht mehr sein als die Konstruktion eines mathematischen Projektionszentrums auf dem Papier. Diese Einschränkung würde aber ebenso wie bei den Knotenpunkten in Vergessenheit geraten, da die Darstellung sich ja ausdrücklich auf ein Objektiv (Dingzentrum = Eintrittspupille!) bezieht. Wer z. B. in Abb. 3b nur die Linien durch EP und C gezeichnet fände, dazu noch die ganz symmetrischen Bezeichnungen Dingzentrum — Bildzentrum, würde zwangsläufig auf den Irrtum geführt, als stelle die Gerade CP' die Fortsetzung des eintretenden Lichtstrahls PEP dar, während ja tatsächlich dieser Strahl das Objektiv durch AP verläßt. *Es wird also ein ganz falsches Bild des wirklichen Strahlenganges vorgetäuscht.* Das rächt sich, sobald man sich doch einmal mit dem bildseitigen Strahlenverlauf befassen will oder muß. Besonders deutlich ist dies z. B. in dem von Gotthardt⁶ gewählten Beispiel des telezentrischen Strahlenganges auf der Objektseite. In diesem Falle liegt das Bildzentrum (wie auch das Dingzentrum) im Unendlichen und außer der optischen Achse geht nicht ein einziger Lichtstrahl in Wirklichkeit hindurch. Dabei ist dieser telezentrische Strahlengang nicht etwa ein praktisch unwichtiger Grenzfall, der nur für theoretische oder didaktische Zwecke Bedeutung hätte, sondern wird ja seit langem bei vielen Geräten, auch in der Bildmessung, sowohl auf der Bild- als auch auf der Objektseite benutzt⁷. Eine solche Verquickung der mathematischen und der physikalischen Darstellung erscheint uns daher irreführend und gefährlich.

Sie erscheint aber auch unnötig. *In vielen Fällen genügt vollauf die der Lochkammer entsprechende Darstellung als einfache Zentralprojektion* (Abb. 1). Legt man dabei das Projektionszentrum an die Stelle der Eintrittspupille des ersetzten Objektivs, so erhält man die richtige Perspektive im Objektraum. Man hat aber außerdem auch die anschauliche Darstellung der Kammerkonstante c und der Zentralprojektion: $l' = c \cdot \operatorname{tg} w$, also genau das, was durch die Einführung des Bildzentrums erreicht werden soll. Das Projektionszentrum entspricht dabei auch dem Punkt, von dem man bei der rechnerischen Bestimmung des Bildhauptpunktes durch Rückwärtseinschnitt sich das Lot auf die Bildebene gefällt denkt. Versagt diese mathematische Idealisierung, sei es daß bei telezentrischem Strahlengang die Eintrittspupille ins Unendliche rückt oder wegen starker Abweichungen gegen das Tangensgesetz, so wird auch die Konstruktion des Bildzentrums unmöglich. — Sobald man aber ein

⁶ E. Gotthardt: Zur Frage der Projektionszentren in der Bildmessung. Dieses Heft dieser Zeitschrift.

⁷ In der Definition der inneren Orientierung treten dabei an die Stelle der Objektwinkel w die Objektgrößen l .

Objektiv an die Stelle des mathematischen Projektionszentrums setzt, sollte man nichts zeichnen, was dem wirklichen Strahlenverlauf widerspricht. *Für die meisten Zwecke genügt grundsätzlich die Darstellung der Eintrittspupille, des eintretenden Strahlenbündels, der Bildebene und der Bildpunkte. Nur wenn auch auf der Bildseite der Strahlenverlauf eine Rolle spielt* (quantitativ: bei Verschiebung der Bildebene, qualitativ: der Anschaulichkeit wegen), *kommt noch die Austrittspupille und das aus ihr austretende Strahlenbündel hinzu.*

Die Definitionen einiger weiterer Begriffe der Bildmessung ergeben sich nach dem Gesagten von selbst. Wir erwähnen noch: Eine *Meßkammer* ist eine Kammer (Objektiv + Bildebene), deren innere Orientierung bekannt ist. Auf die dazu notwendigen Einrichtungen, brauchen wir hier nicht einzugehen. Ein *Meßbild* ist ein auf photographischem Wege gewonnenes Bild, dessen innere Orientierung bekannt ist (was also in der Regel auch die Kenntnis des Bildhauptpunktes einschließt). Zum Begriff des Meßbildes gehört also nur, daß es möglich sein muß, aus den Bildgrößen die Objektwinkel zu entnehmen. *Dagegen kann von einem Meßbild grundsätzlich nicht verlangt werden, daß es eine Zentralprojektion darstellt, d. h. frei von Verzerrung ist.* Die innere Orientierung eines Meßbildes kann bekanntlich von der der zugehörigen Aufnahmekammer zahlenmäßig verschieden sein*. Grundsätzlich aber gilt alles über die innere Orientierung und ihre Daten Gesagte nicht nur für die Meßkammer, sondern auch für das Meßbild; denn es bekommt ja seinen Sinn für die Auswertung nur durch die Beziehungen zu seiner Aufnahmekammer. — Das objektseitige Projektionszentrum eines Objektivs ist die Mitte seiner Eintrittspupille; man kann es auch kurz als *Projektionszentrum der Meßkammer* schlechthin bezeichnen; denn das bildseitige Projektionszentrum geht ja in den eigentlichen Meßvorgang, der sich auf die Objektwinkel und Bildgrößen erstreckt, nicht unmittelbar ein und hat daher für den Photogrammeter, wie sogleich gezeigt werden wird, nur in Ausnahmefällen Bedeutung. Der *Aufnahmeort* ist der Ort, an dem sich das Projektionszentrum der Kammer im Augenblick der Aufnahme befindet.

3. Optische Begriffe.

Wir betrachten nun noch einige Begriffe der geometrischen Optik, die für die Photogrammetrie im engeren Sinne, nämlich für die Anwendung der Geräte, meist nicht erforderlich sind. Sie sind aber unentbehrlich, um die mit der Bildmessung zusammenhängenden optischen Fragen zu behandeln.

Das *bildseitige Projektionszentrum* eines Objektivs ist die Mitte seiner Austrittspupille. Ihre Bedeutung wurde früher besprochen: sie ist maßgebend für die Art der Lagenänderung der Zerstreungskreise bei Verschiebung der Bildebene gegenüber dem Objektiv. Diese praktisch außerordentlich wichtige Rolle der Austrittspupille ließe sich durch einen einfachen Versuch ebenso überzeugend experimentell nachweisen (z. B. mit telezentrischem Strahlengang auf der Bildseite), wie Gotthardt dies a. a. O. für die Eintrittspupille und ihren Einfluß auf die Perspektive getan hat. Trotzdem gehört die Austrittspupille zu den Begriffen, mit denen der Photogrammeter sich im allgemeinen nicht zu befassen braucht. Der Grund ist der, daß bei den meisten heutigen Geräten für die Bildmessung die Bildebene gegenüber dem Objektiv nicht verschiebbar oder zwangsläufig gesteuert ist. Wir erinnern hier an das oben über eine etwaige Abhängigkeit der Austrittspupille vom Bildwinkel Gesagte. Hat aber der Hersteller des Gerätes doch eine Einstellmöglichkeit vorgesehen, so mußte er ja auch ihre Wirkungen auf die innere Orientierung schon berücksichtigen. *Die mit der Austrittspupille zusammenhängenden Fragen gehen also im allgemeinen mehr den Hersteller an als den Benutzer.* Wer sich allerdings mit Fragen der grundsätzlichen Wirkungsweise eines Gerätes, mit seiner Justierung und Meßgenauigkeit befassen will, sollte über die Bedeutung der Austrittspupille im Bilde sein.

* Nachtrag bei der Korrektur: Nach einem Vorschlag von E. Gotthardt dürfte es daher zweckmäßig sein, für den (bisher Auswertbildweite genannten) Faktor c bei einem Meßbild die Bezeichnung *Bildkonstante* einzuführen, zum Unterschied gegen die Kammerkonstante, die der bisherigen Aufnahmebildweite entspricht.

Noch nebensächlicher für die Bildmessung als die Austrittspupille sind die **Knotenpunkte**. Ihre unheilvolle Rolle bei der Entstellung des wirklichen Vorgangs bei der optischen Projektion wurde früher besprochen. Selbstverständlich sind die Knotenpunkte und die im allgemeinen mit ihnen zusammenfallenden Hauptpunkte eines Objektivs nach wie vor unentbehrliche Hilfsmittel bei der Behandlung optischer Fragen. *Aus dem Wortschatz der Photogrammeter aber sollten sie verschwinden* — soweit diese Begriffe nicht wirklich im Sinne der Optik verwendet werden.

Das Gleiche gilt leider auch von der vielgebrauchten Bezeichnung **Bildweite**. Man versteht darunter in der Physik den Abstand des auf der optischen Achse liegenden Bildpunktes vom bildseitigen Knotenpunkt. Der Ausdruck wird allerdings nicht allgemein angewendet; aber wo er auftritt⁸, hat er nur diese Bedeutung (in Analogie zur Brennweite und Dingweite). Auch in der Bildmessung selbst gebraucht man ihn gelegentlich in diesem optischen Sinne, nämlich dort, wo es sich um Fragen der Scharfabbildung handelt (z. B. bei Entzerrungsgeräten). Diese Bedeutung sollte man ihm daher überall und ausschließlich vorbehalten, um Verwechslungen zu vermeiden. Allerdings hat das die Folge, daß die Bezeichnung **Bildweite** aus der Bildmessung im engeren Sinne zu verschwinden hätte; denn die Lage des bildseitigen Knotenpunktes spielt ja hier, wie wir sahen, keine Rolle. Natürlich ist es nicht möglich, ein in der Literatur so verbreitetes Wort nachträglich durch ein anderes zu ersetzen. Nun wurde aber glücklicherweise bisher die Bezeichnung **Bildweite** im Sinne von **Kammerkonstante** ganz überwiegend nur im Falle des unendlichen Objektabstandes beim idealen Objektiv verwendet. Hier aber stimmt, wie sofort einzusehen ist (vgl. Abb. 3a), die **Bildweite a'** zahlenmäßig überein mit der **Kammerkonstante c** (daher stammt ja diese Begriffsverwechslung). Nur wenn merkbare Abweichungen von dieser Voraussetzung vorliegen, ist man also gezwungen, auch sprachlich einen Unterschied zwischen **Kammerkonstante** und **Bildweite** zu machen. Der begrifflichen Sauberkeit zuliebe sollte man allerdings nach und nach doch dazu kommen, in jedem Falle *grundsätzlich zu unterscheiden zwischen dem Begriff der Optik: Bildweite = Abstand des auf der optischen Achse liegenden Bildpunktes vom bildseitigen Knotenpunkt, und dem Begriff der Bildmessung: Kammerkonstante = Eichfaktor einer Meßkammer zur Umrechnung der Bildgrößen in Objektwinkel.*

4. Mathematische Begriffe.

Als photogrammetrische Begriffe im engeren Sinne hatten wir diejenigen bezeichnet, die zur Beschreibung und quantitativen Erfassung der Meßvorgänge in der Bildmessung notwendig sind. Daneben spielt auch noch eine ganze Reihe von Begriffen eine große Rolle, die unmittelbar der **Geometrie entnommen** sind, z. B. **Bildhorizont**, **Fluchtpunkt**, **Bildnadir**, **winkeltreue Punkte** usw. Es wäre verfehlt, nun etwa anzunehmen, man müsse diese rein mathematischen Begriffe für die Bildmessung neu definieren, indem man dabei den optischen Abbildungsvorgang durch ein Objektiv berücksichtigt (so etwa, wie es oben für den **Bildhauptpunkt** geschehen ist). Man würde dadurch die Theorie der Bildmessung nur unnötig schwerfällig und umständlich machen. *Man kann diese mathematischen Begriffe vielmehr unverändert beibehalten und überall anwenden, wo die mathematische Idealisierung des optischen Abbildungsvorgangs als einfache Zentralprojektion zulässig ist.* Bei der Auswertung verzeichneter Bilder läßt sich diese Voraussetzung wenigstens nachträglich dadurch schaffen, daß man die Bilder in **verzeichnungsreihe** (die nicht notwendig reell sein müssen) transformiert, was bei Kenntnis der inneren Orientierung entweder rechnerisch oder durch optische oder mechanische Mittel möglich ist.

Die Notwendigkeit einer solchen Transformation kann in manchen Fällen praktisch eine Erschwerung bedeuten. Das darf aber nicht dazu verleiten, daß man **Mittel und**

⁸ Zum Beispiel an folgenden Stellen:

G. Joos: Lehrbuch der theoretischen Physik, 2. Aufl., Leipzig 1934, S. 344;

F. Kohlrusch: Praktische Physik, 17. Aufl., Leipzig u. Berlin 1935, S. 303;

M. v. Rohr: Die optischen Instrumente, 4. Aufl., Berlin 1930, S. 4.

Zweck verwechselt. Die Beziehungen der projektiven Geometrie sind keine Naturgesetze, sondern für die Bildmessung nur besonders einfache mathematische Hilfsmittel. In völliger Strenge erfüllt sind sie daher nie, sondern nur so lange und in solcher Näherung anwendbar, wie es dem Hersteller eines Gerätes gelingt, sie der Natur abzukämpfen. *Die Verwirklichung dieser mathematischen Beziehungen ist aus praktischen Gründen oft erwünscht, grundsätzlich aber durchaus nicht die eigentliche Aufgabe der Technik.* Diese besteht vielmehr in den meisten Fällen in der Lösung des meßtechnischen Problems der Photogrammetrie: aus den Bildgrößen die Richtungen der eintretenden Strahlenkegel zu bestimmen. Es ist ohne weiteres möglich, anderen Vorteilen zuliebe auf die Gesetze der Zentralprojektion zu verzichten. Diese Möglichkeit müssen daher auch die Begriffsbestimmungen der Bildmessung von vornherein mit einschließen.

Zusammenfassung.

Der Vorgang der optischen Projektion wird in der Bildmessung im allgemeinen dargestellt entweder als einfache Zentralprojektion oder unter Benutzung der Knotenpunkte. Die erste Darstellung ist eine in vielen Fällen brauchbare Näherung, die zweite gibt ein falsches Bild des wirklichen Strahlenverlaufs und entspricht nicht den objektiv meßbaren Verhältnissen. Das gilt in gleichem Maße auch für diejenigen photogrammetrischen Begriffe, deren Definitionen auf diesen Darstellungen beruhen.

Unter den Begriffen der Bildmessung werden nun drei Gruppen unterschieden: die mathematischen, die optischen und die photogrammetrischen im engeren Sinne. Der größte Teil, die mathematischen Begriffe, kann unverändert angewendet werden — aber nur in den Fällen und mit der Genauigkeit, wie die mathematische Voraussetzung der einfachen Zentralprojektion dem wirklichen Vorgang entspricht. Die optischen Begriffe, zu denen z. B. die Knotenpunkte, Bildweite und die Austrittspupille als bildseitiges Projektionszentrum gehören, sollen der Optik vorbehalten bleiben. Der Photogrammeter braucht sie nur dann, wenn er sich ausnahmsweise mit optischen Fragen befassen will, was ihm im allgemeinen der Hersteller der Geräte erspart. Die dritte Gruppe, die photogrammetrischen Begriffe im engeren Sinne, bezieht sich auf die eigentliche meßtechnische Aufgabe der Bildmessung: die Bestimmung der Richtung der objektseitigen Strahlenkegel aus der Lage der Bildpunkte. Für die Begriffe dieser Gruppe werden neue Definitionen vorgeschlagen, die dem wirklichen physikalischen Vorgang und den tatsächlich angewandten Meßverfahren entsprechen und daher z. B. auch bei verzeichnenden Objektiven anwendbar bleiben. Die wichtigsten sind:

Der **Bildhauptpunkt** ist der Durchstoßungspunkt desjenigen Lichtstrahls mit der Bildebene, der durch die Mitte der Eintrittspupille geht und im Objektraum senkrecht auf der Bildebene steht.

Die **Aufnahmeachse** geht durch die Mitte der Eintrittspupille und steht senkrecht auf der Bildebene.

Die **Objektwinkel** w werden in der Mitte der Eintrittspupille gemessen als Richtungsunterschiede der Strahlen von den Objektpunkten gegen die Aufnahmeachse.

Die **Bildgrößen** l' sind die Abstände der den Objektwinkeln durch die optische Projektion zugeordneten Bildpunkte vom Bildhauptpunkt.

Die **innere Orientierung** einer Kammer ist die Funktion $c \cdot F(w)$, die den Zusammenhang: $l' = c \cdot F(w)$ zwischen den Bildgrößen l' und den Objektwinkeln w beschreibt; zu ihren Daten gehört also in der Regel auch die Lage des Bildhauptpunktes.

Als **Kammerkonstante** bezeichnen wir den Maßstabfaktor c in der Beziehung: $l' = c \cdot F(w)$; bei verzeichnungsfreien Objektiven ist: $c = l' \cdot \text{ctg } w$.

Ein **Meßbild** ist ein auf photographischem Wege gewonnenes Bild, dessen innere Orientierung bekannt ist; es braucht keine Zentralprojektion darzustellen.

Als **Projektionszentrum** einer Kammer schlechthin bezeichnen wir die Mitte der Eintrittspupille des Objektivs.

Zur Frage der Projektionszentren in der Bildmessung

Von Dr.-Ing. habil. Ernst Gotthardt, Berlin.

In seiner Veröffentlichung „Über die Lage der Projektionszentren bei einem Objektiv und ihre Bedeutung in der Bildmessung“ hat Roos in Heft 3, 1940, dieser Zeitschrift auf die Tatsache hingewiesen, daß nicht die Knotenpunkte, sondern die Ein- und Austrittspupillen als Projektionszentren wirken.

Die Bedeutung dieses Umstandes soll hier an zwei Vergleichsbildern veranschaulicht werden, die sich nur bezüglich der Lage der Pupillen unterscheiden. Wie die in den Abb. 1 und 2 dargestellten Aufnahmeanordnungen zeigen, war bei beiden Bildern die Lage des Objektes, eines zweimal rechtwinklig geknickten Blattes Millimeterpapier, die Lage des

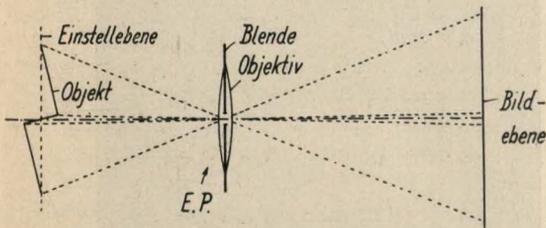


Abb. 1. Anordnung bei der ersten Aufnahme.

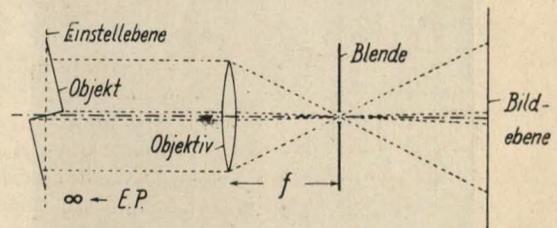


Abb. 2. Anordnung bei der zweiten Aufnahme.

Objektives und die der Bildebene die gleiche, und zwar so, daß die Ebene der scharfen Abbildung (Einstellebene) das Objekt etwa in der Mitte seiner Tiefenausdehnung schneidet. Die zur Erzielung eines scharfen Bildes erforderliche Abblendung erfolgte dagegen bei der ersten Aufnahme mit der in dem Objektiv eingebauten Blende, deren Lage nicht erheblich von der der Eintrittspupille abweicht, während bei der zweiten Aufnahme eine etwa um den Betrag der Brennweite hinter dem Objektiv aufgestellte Blende benutzt wurde, die hier gleichzeitig Austrittspupille ist. Da sie sich in der Brennebene des Objektives befindet, rückt die Eintrittspupille ins Unendliche, so daß als Ergebnis eine parallelperspektive Abbildung zu erwarten ist¹.

Ein Vergleich der Abb. 3 und 4 zeigt, daß die vermutete Wirkung tatsächlich eintritt. An Stelle der bei der üblichen Anordnung der Blende erhaltenen zentralperspektiven Abbildung ergibt sich eine parallelperspektive Abbildung, in der die Linien des Millimeternetzes nicht mehr nach Fluchtpunkten konvergieren. Da bei ungeänderter Lage von Ding, Objektiv und Bildebene auch die Knotenpunkte an ihrer bisherigen Stelle verblieben sind, folgt daraus zugleich deren Einflußlosigkeit auf die perspektiven Beziehungen der erhaltenen Bilder.

Diese Feststellung läßt es als wünschenswert erscheinen, eine Reihe von Begriffen der Bildmessung neu zu definieren, wobei einerseits auf den tatsächlichen Abbildungsvorgang Rücksicht zu nehmen ist, andererseits aber auch auf die Aufgabe der Bildmessung, Bildgrößen und Dinggrößen mathematisch miteinander zu verknüpfen. Insbesondere muß dabei der Begriff der Knotenpunkte aus der eigentlichen Bildmessung verbannt werden. Sie sind ein Hilfsmittel, das die rechnende Optik für ihre besonderen Zwecke durch Abstraktion aus dem tatsächlichen Abbildungsvorgang abgeleitet hat, das sich aber für die Zwecke der Bildmessung als ungeeignet erweist, wie sich aus dem hier gezeigten Versuch in Übereinstimmung mit den oben angeführten theoretischen Ausführungen von Roos ergibt.

Neben seiner Bedeutung für die Theorie der Bildmessung kann der Versuch nach Abb. 2 und 4 in gewissen Fällen auch von praktischer Wichtigkeit sein, nämlich dann, wenn irgend-

¹ Vgl. R. W. Pohl: Einführung in die Optik; Berlin 1940, S. 51–52.

ein kleiner Gegenstand parallelperspektiv photographisch abgebildet werden soll. Eine Beschränkung auf verhältnismäßig kleine Dinggrößen ist erforderlich, weil die Objektivfassung hier als Gesichtsfeldblende wirkt und nur ein zylinderförmiger Raum vom Durch-

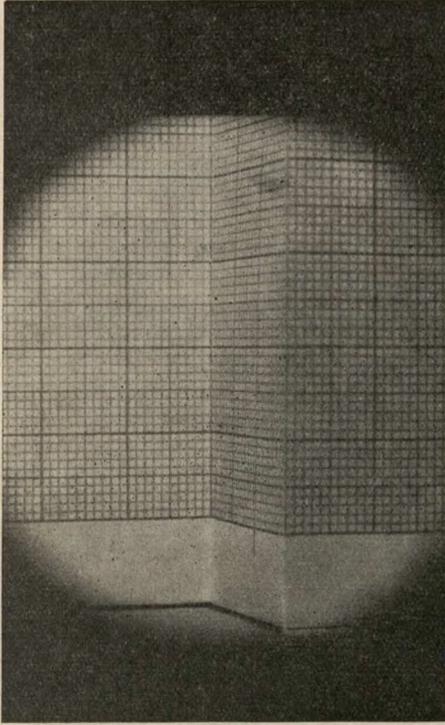


Abb. 3.

Erste Aufnahme (zentralperspektives Bild)

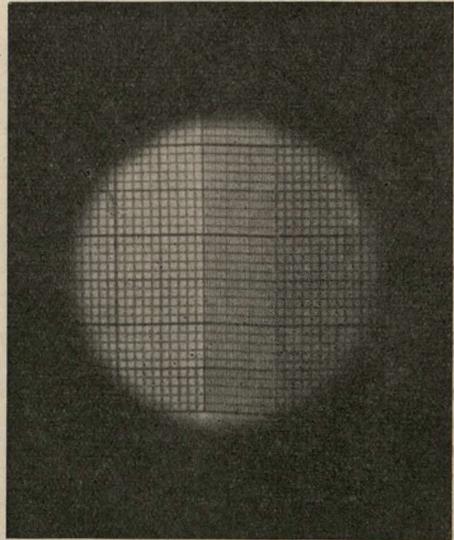


Abb. 4. Zweite Aufnahme (parallelperspektives Bild)

messer des Objektivs abgebildet wird. Da man bei derartigen Aufgaben jedoch andererseits nur mit stark abgeblendeten Bündeln arbeiten kann und an die Objektive damit geringere Ansprüche gestellt werden, dürften sich gegebenenfalls auch dem Bau von Sonderobjektiven mit großen Linsendurchmessern keine unüberwindlichen Schwierigkeiten entgegenstellen.

Aufgaben der Bildmessung

Von M. Schober, Wien.

Anlässlich der Reichstagung des Deutschen Vereins für Vermessungswesen im NSBDT. im Jahre 1939 in Wien¹ hatte ich Gelegenheit, über den Stand der Bildmessung in der Ostmark zu berichten und den Weg aufzuzeigen, den dieses Verfahren seit seinen ersten Anwendungsversuchen im Jahre 1891 genommen hat. Die grundlegend, gegenüber den übrigen Reichsteilen, anders geartete Geländegestaltung der Ostmark hat hier der Bildmessung

¹ Veröffentlicht in der Zeitschrift für Vermessungswesen, 68. Jahrg., 1939 und in den Mitteilungen des Reichsamtes für Landesaufnahme, 15. Jahrg., 1939.

einen ganz bestimmten Weg gewiesen und erbrachte aus den Erfahrungen des Einsatzes frühzeitig die Erfindung der mechanischen Ausmessung. Von diesem Zeitpunkte an waren die letzten Hindernisse aus dem Bildmeßverfahren selbst so beiseite geräumt, daß seiner Anwendung und ständigen Vervollkommnung praktisch eigentlich nichts mehr im Wege stand. Reiche, langjährige Erfahrungen, anfänglich ausschließlich auf dem Gebiete der topographischen Bildmessung, seit 20 Jahren auf allen anderen Vermessungsgebieten, die ständige Vervollkommnung der Aufnahme- und Ausmeßgeräte sowie der Bildmeßmethoden ermöglichen die Feststellung, daß dem Bildmeßverfahren gegenwärtig und in Zukunft kein Vermessungsgebiet verschlossen bleiben kann, das nur einigermaßen die Anwendung des Lichtbildes zuläßt.

In meinem eingangs genannten Vortrage konnte ich darstellen, wie sich die Bildmessung allmählich immer neuen Meßaufgaben zuwenden konnte, auf Gebiete angewendet wurde, die streng meßtechnisch anders überhaupt nicht erfaßbar sind, sie in sinnvoller Anpassung ihrer Eigenheiten und ständiger Verbesserung zu einer unentbehrlichen Ergänzung der bestehenden, anerkannten Vermessungsarten wurde und damit zur Vervollkommnung der Ergebnisse wesentlich beitrug.

Der Inhalt meines vorliegenden Aufsatzes ist, meinem Erfahrungsgebiet entsprechend, vornehmlich der Erdbildmessung gewidmet. Ich möchte es jedoch nicht unterlassen, hierbei auf ihren Zusammenhang mit dem großen Arbeitsbereich der Luftbildmessung hinzuweisen und zu betonen, daß erst die sinnvolle, planmäßige Zusammenarbeit auf beiden Bildmessungsgebieten und ihr zweckmäßiger Einsatz die Vollkommenheit schaffen werden, allen Ansprüchen gerecht zu werden. Wenn ich die Anregung zu meinem Aufsatz durch eine Abhandlung von F. Fuchs (München) über „Neuerdings wieder terrestrische Photogrammetrie und ihr Nutzen für den Ingenieurbau“² erhalten habe, so möchte ich für die Erdbildmessung in der Ostmark das „Neuerdings“ auf „Immer schon“ und neben der Luftbildmessung auf „Immer noch“ erweitern.

Die Anwendung der Bildmessung ging von der Erneuerung der amtlichen Kartenwerke der topographischen Landesaufnahme im Maßverhältnis 1 : 25 000 aus. Die topographischen Karten sollen die sich stets mehr oder weniger rasch ändernde, lebende Landschaft in möglichst vollständiger, anschaulicher und dem wirklichen Zustand entsprechender Weise, also den zeitgemäßen Karteninhalt, darstellen. Zwingend zeigen diese Bedingungen, die Ausarbeitung der Karte durch eine rasche Aufnahmemethode abzukürzen und sie, der lebenden Landschaft angepaßt, laufend zu erhalten. Zwei Aufgaben sind daher zu erfüllen, die je nach dem Gelände entweder nur der Luftbildmessung, oder im Hochgebirge für die Aufnahme der Erdbild-, für Laufendhaltung der Luftbildmessung zuzuweisen sein werden. Beide Bildmessungen gründen auf dem bestehenden einheitlichen Vermessungssystem (Festpunktnetz), die Ausarbeitungen erfolgen immer im Rahmen der amtlichen Kartenblatteilungen.

Die Gründe, der Erdbildmessung bei der topographischen Landesaufnahme im Gebirgsgebiete die Aufgabe der Erstaufnahme zuzuweisen, liegen vor allem darin, daß die Aufnahmepunktlagen günstig wählbar und fest bestimmbar sind, die Aufnahmen meist große Räume ergeben und in den Senkrecht aufzügen der Gebirge die ansichtsgemäße, waagerechte Aufnahmerichtung zur Erfassung der Einzelheiten besser in diese eindringen kann. Die moderne Hochgebirgskarte³ ist nur bei voller Erfassung aller morphologischen Probleme der Gebirgsdarstellung einwandfrei zu schaffen. Außer dem Höhenlinienplan wird die Ausmessung alle Flächenverschnidungen (Gräben, Grate, Bergansätze, Felsabstürze, Gletscher-

² Veröffentlicht in Bildmessung und Luftbildwesen, Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, XVI., 1941.

³ Dipl.-Ing. Brandstätter (Wien): „Die Gelände Probleme in der Hochgebirgskarte 1 : 25 000.“ Veröffentlicht im Deutsch. Kart. Jahrbuch der Kart. Ges. Berlin. Verlag Bibliographisches Institut, Leipzig.

brüche) darzustellen haben, die ansonst topographisch richtig nicht erfaßt werden können. Diesem Erfordernis wird die Luftbildmessung fast nicht oder kaum entsprechen können, da sie durch die Aufnahme von oben bei zunehmendem Geländeneigungswinkel mehr und mehr mit schleifenden Schnitten ihrer Meßrichtungen rechnen muß. Die Erdbildmessung kann, geeignete Aufnahmeentfernungen vorausgesetzt, für die Ausmessung besonders klüftreicher, zergliederter Geländeteile, mit Vorteil das doppelte Maßverhältnis 1 : 12 500 anwenden, die Ergebnisse werden für die topographische Bearbeitung reproduktionstechnisch verkleinert.

Die Laufendhaltung der neuvermessenen Hochgebirgskarten bleibt der besonders raumgreifenden Luftbildmessung vorbehalten, weil sich die Änderungen des Landschaftsinhaltes nur zum geringsten Teil auf die Vertikalaufzüge, hauptsächlich auf den horizontalen Karteninhalt (Straßen, Wege, Flüsse, Bauten) beschränken. Für Gebirgsgebiete mit kartenmaßstäblich erfaßbaren, größeren Vertikalveränderungen durch besondere Bauführungen liegen immer Pläne vor, deren Inhalt für die Laufendhaltung zu verwenden ist.

Es ist selbstverständlich, daß eine strenge Trennung der Anwendungsbereiche von Erd- und Luftbildmessung auch im Hochgebirge nicht gemacht werden braucht und sogar die gemeinsame Anwendung beider Verfahren gleichzeitig vorteilhaft erscheint, um die Vorzüge beider zur raschen Erreichung hochwertiger Ausmeßergebnisse zu vereinen. Der Erdbildmessung wird außer der Aufgabe der Wiedergabe der Vertikalgliederung, bei dieser gemeinsamen Anwendung, die besondere Aufgabe der Paßpunktbestimmung für die Luftbildausmessung obliegen. Besonders diese zweite Aufgabe erfordert die Mitarbeit der Erdbildmessung, wenn man praktisch die Schwierigkeiten erprobt, die im Luftbild leicht wählbaren und bezeichneten Paßpunkte, in gräben- und klüftreichem, durch Felsbänder durchzogenem Steilhang an der richtigen Stelle aufzusuchen und zu messen. Die Bildtriangulierung von Paßpunkten im Hochgebirge scheidet dermalen noch daran, daß die notwendigen Ausgangspunkte des Festpunktnetzes (TP) nicht luftsichtbar vermarktet werden. Auch die Fernbezeichnungen (Pyramiden) dieser Punkte sind im Luftbild nicht zu sehen und luftsichtbare Hilfspunkte zu ihnen werden noch nicht gemessen.

Die Anwendung der Erdbildmessung zur Schaffung der Unterlagen für die Deutsche Grundkarte 1 : 5000 wird in erster Linie davon abhängen, für welche Gebiete Grundkarten vorgesehen sind. Im allgemeinen wird Gebirgsland keine Grundkarten erfordern. Topographische oder tachymetrische Ergänzungsmessungen im Gehänge der Gebirge werden kaum zweckmäßig und aufnahmetechnisch nur mit ganz besonderem Aufwand oder überhaupt nicht ausführbar sein. Die Erdbildmessung wäre, wegen der durch das Gelände zumeist eindeutig vorgeschriebenen Aufnahmeentfernung erst dann einsetzbar, wenn die Ausmessung etwa im Maßverhältnis 1 : 10 000 erfolgen könnte. Die Unabhängigkeit von den in der Natur gegebenen Aufnahmeentfernungen würde daher im Falle der Ausarbeitung von Grundkarten für größere Gebiete im Hochgebirge, ebenso wie für alles andere Kulturland in flachen Tallagen und Ebenen für die Anwendung der Luftbildmessung sprechen, wenn das Problem der Paßpunktbestimmung für die Ausmessung von Hochgebirgs-Luftbildaufnahmen gelöst ist.

Der Erdbildmessung bleiben weiter noch zahlreiche Aufgaben auf allen sonstigen Gebieten des Vermessungswesens und für die Schaffung von Unterlagen zu Planungen und Bauführungen vorbehalten. Bei allen diesen Vermessungen wird und soll dem Standpunkt Rechnung getragen werden, daß die Vermessungsergebnisse, einmal geschaffen, der Erneuerung oder Laufendhaltung amtlicher Kartenwerke zugute kommen und Doppelarbeiten vermieden werden. Es soll daher immer der Anschluß an die bestehenden Vermessungssysteme hergestellt werden oder durch Mitverwendung eindeutig gemeinsamer Punkte später hergestellt werden können, auch dann, wenn der auftragerteilenden Stelle die Abbildung im örtlichen Netz genügen würde. Die Erdbildmessung wird, wie auch in der eingangs angeführten Abhandlung von F. Fuchs (München) dargestellt ist, für örtliche Kleinvermessungen aus der Notwendigkeit größerer Genauigkeit und infolge der geringen Flächen vorteilhafter eingesetzt werden können als die Luftbildmessung. Ich meine jedoch, daß diese Gründe mit

der Zeit nicht mehr ganz zutreffen werden. Die Erfahrungen über Genauigkeitsgrenzen der Ausmessungen werden zunehmen. Eine straffe, einheitliche Durchorganisierung des gesamten Bildmeßwesens und einheitliche Erfassung aller Vermessungswünsche kann ohne weiteres viele Kleinaufgaben in großflächige Vermessungsgebiete umwandeln. Zweckmäßige Erweiterungen der Erfahrungen müssen die umfangreiche und zeitraubende Bodenarbeit auf ein Minimum abkürzen, und schließlich wird das langsam fliegende oder im Aufnahmepunkt schwebende Flugzeug der Luftbildmessung auch diese Anwendungsgebiete voll erschließen.

Unabhängig von diesen Zukunftsaussichten sollen nunmehr die Notwendigkeiten aufgezeigt werden, die für verschiedene Vermessungsaufgaben bei Anwendung der Erdbildmessung eintreten werden, bzw. nach den bisherigen Erfahrungen als Ergebnis der Ausmessungen, den Wünschen der Auftraggeber entsprechend, erhalten wurden. Der Luftbildmessung bleibt die Möglichkeit der Anpassung und Verwertung dieser Erfahrungen.

Bislang wurden in der Ostmark, an Stelle von Grundkarten oder Wirtschaftskarten, in Gemeinden mit vorgesehenen Neuplanungen, zu vorhandenen Katasterplänen oder für Katastererneuerungen zu den Neumessungsergebnissen Höhenlinienaufnahmen mittels Erdbildmessung vorgenommen. Die Ausmessungen mit Höhenlinien zu 1 Meter wurden in unmittelbarem Zusammenhang mit der Katastralvermessung ausgeführt, die Vervollständigung sichttoter Räume mit tachymetrischen Aufnahmen bewirkt. Auf besonderen Wunsch werden die Ausmeßergebnisse überdies mit zahlreichen Höhenpunkten versehen, so daß förmlich phototachymetrische Pläne entstehen, die außer den Höhenlinien zahlreiche eindeutige Höhenangaben enthalten und damit allen bautechnischen Berechnungen für Erdbewegungen als Unterlage dienen können.

Eine Übergangsgruppe zur weiteren katastralen Anwendung der Erdbildmessung bilden großmaßstäbliche Ausmessungen 1 : 500 oder 1 : 1000 für Meliorationen (Flurbereinigungen). Außer den Höhenlinien für die Neuplanung der Wirtschaftsanlagen sind bei diesen Ausmessungen die in der Natur bewirkten umfangreichen Auspflockungen der vorhandenen Kleinwirtschaftsflächen, Grenzen und sonstigen Linien an Stelle langwieriger örtlicher Messungen aus Raummodellen, möglichst zweier Standpunkte, überprüft zu bestimmen und die unzähligen Auspflockungspunkte im Plan darzustellen.

Ein großes und umfangreiches Aufgabengebiet liegt für die Erdbildmessung im gebirgigen Gelände vor, wenn es für Katasteraufnahmen, agrarische Operationen, Wald- und Alpenwirtschaftszwecke (Zusammenlegungen, Teilungen, Feststellung der wirklichen Besitzgrenzen u. a. m.), vermessen werden soll. Mehr oder weniger gleichen sich bei diesen verschiedenen Zwecken die Aufnahmebedingungen und die Wünsche für die darzustellenden Ausmeßergebnisse. Die Aufnahmegebiete liegen meist in höherem Gebirge, dessen Steilaufzüge örtlichen Vermessungen ungeheure Schwierigkeiten bieten, ja sie des öfteren überhaupt ausschließen. Selten nur ermöglichen flachere Almstufen die Anwendung üblicher Verfahren. Die Verlangsamung der Meßvorgänge durch Geländehindernisse, Witterungsverhältnisse, durch die besonders schwere und starke Beanspruchung des Vermessungspersonals wegen unzureichender Unterkunft, weiten, mitunter durch die Einwirkungen des Gebirges (Steinschlag, Lawinen) gefährdeten Wegen und Arbeitsstellen weisen darauf hin, daß die Bildmessung hier besonders vorteilhaft einzusetzen sein wird. Zu beurteilen, ob und in welchem Umfange für solche Gebiete an Stelle der katastralen Vermessung die Grundkarte 1 : 5000 zu treten hätte, bleibt berufenen Stellen überlassen. Beide Planwerke nebeneinander zu belassen, scheint als Doppelarbeit überflüssig; die Vermessungsleistungen und die Anwendung der Verfahren ist für beide Planwerke die gleiche. Die einmal erhaltenen Bildmeßergebnisse könnten, bei entsprechender Anlage der Aufnahmen, ohne weiteres nebeneinander beiden Planwerken dienstbar gemacht werden.

Die Aufgabe der Erdbildmessung für Katasterneuaufnahmen und für agrarische Operationen im Gebirge ist die genaue, möglichst mehrfach aus verschiedenen Aufnahmepunkten

überprüfte Lagebestimmung bestimmter Punkte, Grenzen, Ausscheidungslinien, die nicht örtlich einmeßbar sind und die genaue und vollständige Geländeerfassung. Das Maßverhältnis schwankt zwischen 1 : 2500 und 1 : 7500, soll möglichst den vorhandenen oder neu zu schaffenden Planwerken angeglichen sein, wird aber auch durch die Geländebeziehungen und damit durch die Aufnahmeentfernungen bedingt. Einen großen Zeitaufwand, allerdings nicht soviel wie örtliche Vermessungen, erfordert die Bodenarbeit, die, abgesehen von der Schaffung eines neuen oder der Verdichtung eines vorhandenen Festpunktnetzes die bildsichtbare Ausmarkung der Grenzpunkte erfordert. Hierzu ist immer außer dem Kataster-, Agrar- oder Forsttechniker die Mitarbeit des Photogrammeters oder von ausgebildeten Gehilfen erforderlich, die gemäß dem Arbeitsplan für die Aufnahme die Punktbezeichnung ausführen lassen. Die Punktbezeichnung erfordert nur die Begehung der Punkte ohne Meßvorgänge und die Anbringung der Fernbezeichnungen, eine Leistung, die gebirgsvertrauten Leuten auch an ausgesetzten Steilhängen jederzeit zugemutet werden kann, während Messungen mit Instrumenten und Geräten zur Punktbestimmung an diesen Stellen ganz ausgeschlossen sind. Die Feststellungen der auszumessenden Linien nach den Begehungs- und Grenzprotokollen, sonstiger gewünschter Ausscheidungen für Firn und Eis, Geröll, Kahlgestein, Alpenwiese, Wald, Gebüsch u. a. m., können entweder nach örtlichem Augenschein vom gegenüberliegenden Aufnahmepunkt oder noch besser nach Vorliegen der Abzüge der Meßaufnahmen erfolgen.

Die Erdbildaufnahmearbeiten, die verhältnismäßig rasch vonstatten gehen, müssen nach den Gesichtspunkten planmäßig angelegt werden, daß möglichst jeder bedeutende und wichtige Punkt aus den Raummodellen zweier, besser dreier Aufnahmepunkte überprüft ausgemessen werden kann, daß gewünschte Messungslinien möglichst zweimal aus Raummodellen verschiedener Aufnahmepunkte überprüft werden können und schließlich, daß die Geländeausmessung auch ohne tachymetrische Ergänzungsmessung vollständig geschlossene Ergebnisse erbringt. Um solche Ausmessungsergebnisse bestimmt zu erhalten, bedarf es sehr erfahrener Photogrammeter, die dazu noch ganz hervorragend hochgebirgsvertraut sein müssen. Der Luftbildmessung kann sich dieses Arbeitsgebiet ebenfalls erschließen, wenn die Möglichkeit des Einsatzes langsam fliegender Flugzeuge gegeben ist. Der Gewinn ist allerdings, als Ersatz der Erdbildmessung, nicht sehr groß, weil die Bodenarbeit für die Katasterpunkte oder -linien gleichbleibt, die Paßpunktmessung für die Luftaufnahmen dazukommt, die Sicht von oben ist aber bestimmt aufschlußreicher. Zur Vermeidung zu großer Bildmaßstabunterschiede in derselben Luftbildaufnahme für Oberteile, Steilhänge und Talböden wird der Aufnahmeflug in Streifen mit verschiedenen, relativen Flughöhen über Grund zu zerlegen sein, ähnlich der Notwendigkeit für Ausföhrung von der Höhe nach gestaffelten Erdbildstandpunkten bei zu großen Aufzügen des Aufnahmegeländes.

Die Erdbildmessung für bautechnische Zwecke umfaßt ein Anwendungs- und Aufgabengebiet so vielseitig verschiedener Anforderungen, als Vermessungswünsche vorliegen und der Ingenieur Bau- oder Planungsunterlagen benötigt. Die Erdbildmessung ist mit Ausnahme völlig ebener Aufnahmegebiete praktisch überall einsetzbar, wenn die Bodenbedeckungen, Bebauung und Bewuchs, nicht hinderlich sind. Ich habe der eingangs angeführten lezenswerten Abhandlung von F. Fuchs (München) nichts hinzuzufügen, als den, eben für Vermessungsbehörden wichtigen und wertvollen Grundsatz der Einbindung der Vermessungsergebnisse in die vorhandenen Landesfestpunktnetze, auch wenn der planende und bauende Ingenieur keinen Wert darauf legen würde.

Ein weiteres Aufgabengebiet, ausschließlich der Luftbildmessung vorbehalten, wird die Schaffung des Bildplanwerkes 1 : 25 000 für die alpinen und Hochgebirgsgebiete unserer deutschen Heimat sein. Die Schwierigkeiten der Bildverzerrung, die in der Luftaufnahme des Hochgebirges stark in Erscheinung tretenden Bildmaßunterschiede zwischen Höhe und Tiefe sind zu überwinden. Dichte Folge der Aufnahmepunkte und Verwertung der Bildumgebung des Aufnahmelotpunktes, maßstäbliche Bildveränderung ermöglichen Ausgleich. Die Ergebnisse, seien dies nun Bildpläne oder Bildplanskizzen, werden bestimmt für die Laufend-

haltung der Gebirgskarten wertvolle Dienste leisten und schließlich auch dem Kartographen Beurteilungsunterlagen neu erbringen, wie das Kartenbild von oben gesehen wirklich aussieht und was den, in Zukunft bestimmt noch in weit umfangreichem Ausmaße eingesetzten Militär-, Zivil- und Sportfliegern im Blick von oben besonders auffällt und in der Karte hervorgehoben werden soll.

Wenn ich mich zum Schlusse meiner Darstellungen noch zwei besonderen Aufgaben der gesamten Bildmessung zuwende, der Ausbildung der Fachkräfte und der aufklärenden Werbung, so geschieht dies aus zahlreichen positiven und negativen Erfahrungen meiner dreißigjährigen Verwendungszeit als Photogrammeter und im Gefühl der kommenden großen Aufgaben. Wir werden vor die Notwendigkeit gestellt sein, für die planmäßige Ordnung eines Kontinentes und des natürlichen Ergänzungsraumes Europas gewaltige wirtschaftliche und technische Aufgaben für Verkehrserschließung, Rohstoffergänzung, Erzeugungs- und Absatzsteigerung zu lösen haben. Es dürfte uns heute noch die Vorstellungskraft abgehen, die ganze Größe der kommenden Aufgaben zu erfassen, die dem Vermessungsdienst und der Bildmessung hierbei bevorstehen. Die Bereitstellung der notwendigen Geräte und Meßmittel ist eine Angelegenheit der technischen Stellen, die zweifellos schon heute in der Lage sind, allen, auch höchstgespannten Anforderungen rasch und zeitgerecht zu entsprechen. Die Methoden der Bildmessung sind an einer solchen Grenze angelangt, bzw. sie werden sie in kürzester Zeit erreichen können, daß sie, ohne Ausschaltung weiterer Fortschritte, die planmäßige Anwendung der Bildmessung ermöglichen. Es bleibt einzig nur die zeitgerechte Vorsorge für die Bereitstellung der Fachkräfte, deren vollkommene Ausbildung und Einarbeitung, um allen Anforderungen zu entsprechen. Diese Aufgabe ist nicht von heute auf morgen zu lösen, sondern erfordert Zeit und muß, um nicht zu spät zu kommen, schon heute in Angriff genommen sein.

Die Bildmessung ist zwar ein Teil des Vermessungswesens, sie erfordert aber bestimmt, in vergleichender Anlehnung an die Meßgeräte, auch Fachkräfte besonderer und weitgehend spezialisierter Ausbildung, mit Kenntnissen, die nicht nur einmal erlernt und behalten, sondern immer mehr und mehr erweitert und vertieft werden sollen. Der Photogrammeter wird bei Erdbildmessungen praktische Erfahrungen und die volle Einsetzbarkeit für Vermessungsaufnahmen erst nach einer Reihe größerer Aufträge erlangen, die sich auf mehrere Jahre verteilen, hierbei ist seine sonstige vermessungstechnische Ausbildung Voraussetzung. Außer den Aufnahmekenntnissen soll er, wie auch der mit Luftbildmessung befaßte Photogrammeter, alle trigonometrischen Rechnungsarten beherrschen, die Ausmessung selbst ausführen können. Letzteres erfordert die volle Kenntnis aller komplizierten Ausmeßgeräte und ihre richtige Anwendung zur Lösung der verschiedenen Vermessungsaufgaben. Endlich wird auch dem Photogrammeter die Forderung zu stellen sein, die von ihm aufgenommenen und ausgemessenen (Erdbild) oder nur ausgemessenen Ergebnisse (Luftbild) durch vervollständigende Messungen und Ergänzungen zu dem gewünschten Plan soweit zu gestalten, daß andere die Weiterarbeit oder Verwendung übernehmen können. Diese Tätigkeitsreihe erweist die vielseitigen Aufgaben des Photogrammeters und die vielfältigen Ausbildungsrichtungen, die nur nach und nach erlernt werden können. Der Photogrammeter muß über die Aufgaben und Notwendigkeiten anderer Vermessungszweige so weit unterrichtet sein, daß die planvolle Anwendung der Bildmessung und das Zusammenwirken gewährleistet werden. Bildmessung ist daher nicht nur zusätzliches Wissen, das mit wenigen Monaten Zusehen schon erfaßbar wäre, oder gar zu Arbeiten und Urteilen berechtigen könnte, sondern wird einen langen, vielseitigen Ausbildungsgang erfordern. Sind die Fachkräfte ausgebildet, wäre es schade und widersinnig, sie aus irgendwelchen Gründen aus dieser Sonderverwendung abzuziehen, weil es immer genug Vermessungsfachkräfte und wenig Photogrammeter geben wird.

Schließlich wird die Bildmessung und jeder mit ihr Verbundene stets der Aufgabe der aufklärenden Werbung gedenken müssen. Manche Fehler mit zu vielem Versprechen und der dann folgenden Unmöglichkeit des Haltens sind gemacht worden, die Wirkung war in solchen

Fällen negativ und wurde verallgemeinert. Die Bildmessung ist als Teil des Vermessungswesens diesem voll verbunden, wird in inniger Gemeinschaft mit allen sonstigen Zweigen zusammen Bestes erreichen. Es gilt aber für den Photogrammeter als Werbungsaufgabe das Beharrungsvermögen und die Eigengesetzlichkeit einer anerkannten Wissenschaft und alle daraus entstehenden Vorbehalte, Zweifel oder Ablehnungen zu überwinden. Er möge sich vor Augen halten, immer auf Nichtphotogrammeter zu treffen, die entweder zuviel oder gar nichts von der Bildmessung halten. Als Zweig der aufklärenden Werbung ist der Meßvergleich anzusehen. Im allgemeinen hat der ausübende Photogrammeter wenig Zeit, sich Vergleichsarbeiten zu widmen, andernfalls führen Vergleiche meist solche durch, die nicht Photogrammeter sind. Alle Vergleiche sind relativ, die Ergebnisse von vielen Umständen abhängig, ja selbst die nach und nach sich steigernden Erfahrungen der Photogrammeter sind mitbestimmend für die Güte der zum Vergleich herangezogenen Ausmessungen. Gute Vergleiche geben jedoch die Handhabe besonders günstiger Werbung, schon aus dem Grunde der Überzeugung des Nichtfachmannes, der sich an Hand der Vergleichsergebnisse einen Überblick über die Einsatzmöglichkeit der Bildmessung für seine besonderen Wünsche schaffen kann. Die Vergleiche sind auch als ständige Überprüfung des Bildmeßverfahrens notwendig zur Vermeidung von Stillständen und Abgleiten in einseitige Anschauungen. Eine Zentralstelle, ausgestattet mit allen Vergleichseinrichtungen, unabhängig von der Möglichkeit einseitiger Vorbehalte und mit entsprechendem grundlegendem Ansehen, dürfte die beste Lösung für die Durchführung und Urteilsfällung bei Vergleichen sein; ihr sollte schließlich auch in Zusammenarbeit mit den ausübenden Photogrammetern die planvolle Weiterentwicklung der Aufnahme- und Meßgeräte sowie der Verfahren obliegen.

Das Verfahren und die Genauigkeit der rechnerisch durchgeführten Bildtriangulation

Willy Kitsch, Berlin.

1. Allgemeines.

Gelegentlich der Neuherstellung der Karten 1:25 000 für das Sudetenland durch die Photogrammetrische Abteilung des Reichsamts für Landesaufnahme wurde bei der Paßpunktbestimmung im weitesten Umfange von der Bildtriangulation Gebrauch gemacht.

Gleichzeitig wurde diese Arbeit benutzt, um verschiedene Möglichkeiten und Vorschläge der Paßpunktbestimmung mittels Bildtriangulation durch praktische Arbeiten näher zu untersuchen.

2. Die örtlichen Vorarbeiten.

Da nach den bisherigen Erfahrungen die Bildtriangulation mit Bildern des Maßstabs 1:20 000 die Höhen nicht mit der gewünschten Genauigkeit hergeben kann, wurde die Bildtriangulation lediglich zur Bestimmung der Lage der Paßpunkte durchgeführt, während die Höhen aller Paßpunkte terrestrisch bestimmt wurden.

Festpunkte für die Durchführung der Bildtriangulation waren neben den vorhandenen trigonometrischen Punkten I. und II. Ordnung einige örtlich durch Rückwärtseinschnitt, Vorwärtsabschnitt oder Seitwärtseinschnitten bestimmte Punkte. Die Höhen aller zur Bildmessung notwendigen Paßpunkte wurden durch tachymetrische Höhenzüge bestimmt. Diese Methode der Höhenbestimmung ist besonders in bergigem Gelände kein ideales und elegantes Verfahren. Es kann auch nur ein behelfsmäßiges Verfahren so lange sein, bis die Bildtriangulation in der Lage ist, auch die Höhen mit hinreichender Genauigkeit zu liefern. Ein Versuch, die Höhenbestimmung der Paßpunkte durch Verwertung der sich bei der Bildtriangulation ergebenden Entfernungen zwischen den Paßpunkten zu beschleunigen, wird in einer weiteren Abhandlung angegeben und praktisch untersucht werden.

3. Die Ähnlichkeitstransformation.

Die Triangulation der Bildreihen durch Folgebildanschluß, die in [1] eingehend beschrieben ist, liefert für alle in der Reihe erfaßten Paßpunkte Koordinaten x', y' in dem willkürlich liegenden Maschinenkoordinatensystem des Stereoplanigraphen. Dieses System muß mit Hilfe der terrestrisch bestimmten Paßpunkte in das Gauß-Krügersche System eingepaßt werden. Nach [1] wird die Einpassung solcher kurzer Reihen zweckmäßig durch eine Ähnlichkeitstransformation vorgenommen: Das im Maschinensystem gegebene Punktnetz wird durch Parallelverschiebung, Drehung und Maßstabsänderung so in das Gauß-Krügersche System eingepaßt, daß die Quadratsumme der noch verbleibenden Punktabstände ein Minimum wird. Die Vorteile dieser Art der Umformung bei der Bildtriangulation sind folgende:

- a) Für die ganze Bildreihe von etwa 10—12 km Länge und 2 km Breite brauchen die Umformungskonstanten nur einmal berechnet zu werden, mit denen alle Punkte der Reihe umgeformt werden. Das bedeutet eine wesentliche Ersparnis an Rechenarbeit gegenüber anderen Verfahren.
- b) Ein großer Teil der bei der Bildtriangulation auftretenden Fehler ist auf Identifizierungsungenauigkeiten zwischen den örtlich eingemessenen und den bei der Bildtriangulation eingestellten Paßpunkten zurückzuführen. Bei der Ähnlichkeitstransformation behält die Bildkette ihre Gestalt und Form bei, sie wird ohne Deformation in das Festpunktnetz eingehängt. Identische Punkte decken sich deshalb nicht vollständig, sondern es verbleiben Schlußfehler. Damit gehen aber auch die Identifizierungsfehler der identischen Punkte nicht voll, sondern nur mit einem Bruchteil in die Lage der nächstgelegenen, zu bestimmenden Punkte ein.
- c) Die Ähnlichkeitstransformation ermöglicht es, Koordinatenfehler der benutzten Festpunkte während der Bearbeitung aufzudecken, insofern, als diese Punkte beim Vorhandensein überschüssiger Lagepunkte nach der Ähnlichkeitstransformation Schlußfehler erhalten, die das zu erwartende Maß überschreiten.
- d) Der Nachteil der Ähnlichkeitstransformation für die trigonometrischen Arbeiten und besonders für die Zwecke des Katasters, daß nach der Einpassung zwei Koordinatenpaare vorliegen, hat für die photogrammetrischen Arbeiten z. Z. keine Bedeutung, da bei den hier behandelten kurzen Reihen die verbleibenden Schlußfehler so gering sind, daß sie für topographische Zwecke vernachlässigt werden können.

Vom Standpunkt der Fehlertheorie aus könnte gegen dieses Verfahren der Einwand erhoben werden, daß das Bildpolygon nicht einen einheitlichen Maßstab hat. Nach [2] ist der Längsfehler eines Bildpolygons $\frac{1}{2} \cdot c \cdot s^2$, wenn s die Entfernung in der Zugrichtung und c eine Konstante ist, während der Maßstabsfehler $s \cdot c$ ist. Es müßte untersucht werden, wie groß die durch das vereinfachte Fehlerverteilungsverfahren der Ähnlichkeitstransformation bedingten Lagefehler werden können. Da die Breite des Bildpolygons klein ist gegenüber seiner Länge, brauchen nur die Fehler in der Länge untersucht zu werden.

Der Längsfehler eines Bildpolygons sei Δs . Die Verbesserung v in der Länge bei der Ähnlichkeitstransformation bei einer Entfernung x ist dann $v = x \cdot \frac{\Delta s}{s}$, wenn s die Gesamtlänge des Polygons ist. Nach [2] wäre die Verbesserung $x^2 \cdot \frac{\Delta s}{s^2}$, der Fehler ist

$$F(x) = x \cdot \frac{\Delta s}{s} - x^2 \cdot \frac{\Delta s}{s^2}$$

Es soll das Maximum der Funktion bestimmt werden.

Handwritten notes:
- Top right: "in der Bildtriangulation mit einem Minimum wird."
- Middle right: "die Identifizierungsfehler der identischen Punkte nicht voll, sondern nur mit einem Bruchteil in die Lage der nächstgelegenen, zu bestimmenden Punkte ein."
- Bottom right: "wird kein Schlußfehler mehr vorliegen."

Die erste Ableitung ist: $F'(x) = \frac{\Delta s}{s} - 2x' \cdot \frac{\Delta s}{s^2}$. Setzt man $F'(x) = 0$, so folgt $x = \frac{s}{2}$ d. h., das Maximum des Fehlers liegt in der Zugmitte. Sein Wert ist $F(x)_{max} = \frac{\Delta s}{4}$.

Nach [2] ist $\Delta s = \frac{1}{2}c \cdot s^2$, demnach $F(x)_{max} = \frac{c}{8}s^2$.

Über die Größe c ist aus den bisherigen Veröffentlichungen Endgültiges nicht bekannt. Sie läßt sich aus kurzen Reihen nur unsicher bestimmen, da sich ihr Einfluß aus den zufälligen Fehlern nicht merklich heraushebt. Außerdem lassen sich aus den Schlußfehlern der durch Ähnlichkeitstransformation berechneten Reihen systematische Fehlereinflüsse schlecht erkennen, da das Fehlerverteilungsverfahren alle auftretenden Fehler als zufällige behandelt und entsprechend verteilt.

Um die ungefähre Größenordnung von c zu erhalten, wurden einige Bildreihen von 20 bis 36 km Länge untersucht. Es ergeben sich Werte für c , die sowohl der Größe als auch dem Vorzeichen nach erheblich voneinander abweichen. Geht man von dem sich dabei ergebenden Maximalwert $c = 0,25 \cdot 10^{-6}$ aus, und setzt als Bedingung, daß der Fehler $F(x)_{max}$ nicht größer werden soll als der durch die zufälligen Fehler bedingte mittlere Punktfehler, der etwa mit 2,0 m angenommen werden soll, so folgt

$$\frac{c}{8} s^2 \leq 2,0, \quad s^2 \leq \frac{16}{c} = 64 \cdot 10^6.$$

Daraus $s \leq 8$ km.

Für $c = 0,20 \cdot 10^{-6}$ würde sich $s = 9$ km ergeben.

Bei der Photogrammetrischen Abteilung hatten die Bildtriangulationsreihen bei den bisherigen Arbeiten die Länge von etwa einem Meßtischblatt, d. h. etwa 10 km, im Sudetenland etwa 12 km. Da diese Triangulationen für Arbeiten 1 : 25 000 durchgeführt wurden, wo ein Lagefehler von 5 m zugelassen werden kann, konnten diese Fehler deshalb unberücksichtigt bleiben.

Die Ausgleichung der Bildreihe.

Die allgemeinen Formeln für die Ähnlichkeitstransformation sind:

$$x = x' \cdot v \cdot \cos \alpha + y' \cdot v \cdot \sin \alpha + a,$$

$$y = y' \cdot v \cdot \cos \alpha - x' \cdot v \cdot \sin \alpha + b.$$

Hierbei sind: v die Maßstabsänderung,

α der Drehwinkel zwischen den beiden Systemen x, y und x', y' ,

a und b die Parallelverschiebungen der Nullpunkte der beiden Systeme.

Zur Bestimmung der vier Unbekannten sind zwei Punkte erforderlich. Liegen mehr Punkte vor, so muß eine Ausgleichung durchgeführt werden. Diese Aufgabe wurde in den letzten Jahren gelegentlich des Zusammenschlusses von Dreiecksnetzen in der Literatur mehrfach behandelt und die dafür notwendigen Formeln auf verschiedensten Wegen ermittelt.

Wir setzen:

$$v = v_0 + dv, \quad \frac{dv}{v_0} = dm, \quad \alpha = \alpha_0 + da, \quad a = a_0 + da, \quad b = b_0 + db, \quad y - y_0 = fy, \quad x - x_0 = fx.$$

Es wird außerdem eine Parallelverschiebung auf den Schwerpunkt durchgeführt.

Die vier Unbekannten ergeben sich dann aus den Gleichungen:

$$\begin{aligned} da &= \frac{[fx]}{n}, & db &= \frac{[fy]}{n}, \\ dm &= \frac{[\Delta x \cdot fx] + [\Delta y \cdot fy]}{[\Delta x^2 + \Delta y^2]} = \frac{dv}{v_0}; & dv &= dm \cdot v_0 \\ & & v &= v_0 + dv = v_0 (1 + dm); \\ da &= \frac{[\Delta y \cdot fx] - [\Delta x \cdot fy]}{[\Delta x^2 + \Delta y^2]}; & a &= a_0 + da. \end{aligned}$$

Es bedeutet jedoch keine erhebliche Mehrarbeit, die Ausdrücke $fx'_i = fx_i - \frac{[fx]}{n}$ und $fy'_i = fy_i - \frac{[fy]}{n}$ zu bilden, um daraus $[ll]$ zu berechnen. Sie können außerdem beide bei der Berechnung der v zweckmäßig verwendet werden. Sie sind auch im allgemeinen kleiner als die Ausdrücke fx_i und fy_i und geben deshalb auch bei Rechenschieberrechnung eine bessere Probe. In dem beigegebenen Rechenformular, das bis auf kleine Änderungen mit dem bei der Photogrammetrischen Abteilung des Reichsamts für Landesaufnahme üblichen übereinstimmt, wird deshalb $[ll]$ aus den fx'_i und fy'_i berechnet.

Setzt man $[ll] = S_2$, so ist

$$S_2 = [fx_i fx_i] + [fy_i fy_i] = [v_x v_x] + [v_y v_y] + S_1.$$

Nach Anbringen der Verbesserungen da und dv ergibt sich die endgültige Maßstabsänderung und endgültige Drehung. Mit diesen Werten werden die zur Ausgleichung benutzten Punkte umgeformt. Die sich hierbei ergebenden Abweichungen gegen die Sollwerte müssen mit den v_x und v_y der Ausgleichung übereinstimmen, woraus sich eine Schlußprobe für die gesamte Ausgleichung ergibt. Nimmt man die örtlich bestimmten Koordinaten der Paßpunkte als

Fehlerberechnung und Schlußprobe

Punkt Nr.	Δy . dm	$-\Delta x$. da	$-fy + \frac{[fy]}{n}$ = $-fy'$	v_y	v_y^2	Δx . dm	$\Delta y \cdot da$	$-fx + \frac{[fx]}{n}$ = $-fx'$	$dx - fx'$ = v_x	v_x^2	$(fy')^2$	$(fx')^2$			
476,5a	-0,05	+0,07	-0,66	-0,6		-0,11	-0,03	-1,37	-1,5						
476,5b	-0,05	+0,07	+1,44	+1,5		-0,11	-0,03	-0,87	-1,0						
477,5	+0,10	+0,13	+0,54	+0,8		-0,20	+0,06	-2,17	-2,3						
971b	+0,80	-0,07	-1,96	-1,2		+0,11	+0,52	+1,03	+1,7						
T. P. 971	+0,80	-0,07	-1,86	-1,1		+0,11	+0,50	-0,97	-0,4						
476,6a	-0,11	-0,06	+1,94	+1,8		+0,10	-0,07	+1,53	+1,6						
473,6b	-0,47	-0,07	+1,24	+0,7		+0,12	-0,29	-0,17	-0,3						
473,6a	-0,47	-0,08	+0,34	-0,2		+0,12	-0,30	+3,03	+2,8						
473,5	-0,55	+0,09	-1,06	-1,5		-0,15	-0,34	-0,07	-0,6						
Σ	-0,00	+0,01	-0,04	+0,2	11,92	-0,01	+0,02	-0,03	0,0	22,44	16,64	20,90			
Soll	= 0	= 0	= 0	= 0		= 0	= 0	= 0	= 0		$S_2 =$	37,5			
$m_y = \sqrt{\frac{[v_y^2]}{n-2}} =$ $= \sqrt{\frac{11,92}{7}} = \pm 1,3 \text{ m}$				$m_x = \sqrt{\frac{[v_x^2]}{n-2}} =$ $= \sqrt{\frac{22,44}{7}} = \pm 1,8 \text{ m}$				$m = \sqrt{m_y^2 + m_x^2} =$ $= \sqrt{1,7 + 3,2} = \pm 2,2 \text{ m}$				$v_x^2 + v_y^2 = 34,4$ $S_1 = 3,1$ $S_2 = 37,5$			

absolut richtig an, so wirken sich in den Schlußfehlern v_x und v_y die unvermeidlichen photographischen Einstell-, Identifizierungs- und Ablesefehler, ferner etwaige Verbiegungen und Verzerrungen des Bildpolygons aus. Sie geben also ein Maß für die Punktgenauigkeit bei der Bildtriangulation.

Aus den $2n$ Fehlergleichungen läßt sich ein mittlerer Koordinatenfehler $m_{x,y}$ berechnen.

Da wir vier Unbekannte haben, ist $m_{x,y} = \sqrt{\frac{v_x^2 + v_y^2}{2n-4}}$. Dieser mittlere Koordinatenfehler,

der einen Mittelwert zwischen den beiden Koordinatenfehlern m_x und m_y darstellt, interessiert uns jedoch weniger; wir geben im allgemeinen die mittleren Koordinatenfehler m_x und m_y als Genauigkeitsmaß an. Zwischen diesen drei Werten gilt die Beziehung

$m_{x,y} = \sqrt{\frac{m_x^2 + m_y^2}{2}}$. Diese Gleichung kann man auch schreiben:

$m_{x,y} = \sqrt{\frac{\frac{v_x^2}{n-2} + \frac{v_y^2}{n-2}}{2}}$, woraus sich $m_x = \sqrt{\frac{v_x^2}{n-2}}$, $m_y = \sqrt{\frac{v_y^2}{n-2}}$, und der mittlere Punkt-

fehler $M = \sqrt{m_x^2 + m_y^2}$ ergeben.

Die Genauigkeit.

In Tabelle I sind für 19 Triangulationsreihen die Ergebnisse zusammengestellt. Die Zahl der zur Ausgleichung der Reihen benutzten Paßpunkte beträgt im Durchschnitt acht Punkte, also sechs überschüssige Bestimmungspunkte (siehe Sp. 4), so daß die bei dieser Arbeit festgestellten mittleren Lagefehler als sehr zuverlässige Werte bezeichnet werden können. In den Spalten 5, 6 und 7 sind die aus den Schlußfehlern nach der Ausgleichung berechneten mittleren Koordinatenfehler m_x und m_y sowie der mittlere Punktfehler M angegeben. Die Spalten 8 und 9 geben die bei der Ausgleichung ermittelten dm und da zu den Näherungswerten v_o und a_o . Die Näherungswerte wurden jeweils aus je einem Punkt im ersten und einem Punkt im letzten Stereogramm der Reihe ermittelt. Ferner sind in den Spalten 10, 11 und 12 die mittleren Lagefehler vor der Ausgleichung angegeben. Sie wurden aus den Schlußfehlern berechnet, die nach der genäherten Umformung mittels der beiden Punkte verbleiben. Sie geben die Lagegenauigkeit einer nicht rechnerisch ausgeglichenen, nur zwischen zwei Punkte eingehängten Bildreihe an.

Aus den Ergebnissen dieser Bildtriangulationsarbeiten ergeben sich folgende Feststellungen:

1. Der mittlere Punktfehler einer nicht ausgeglichenen, nur zwischen zwei Punkte eingehängten Bildkette ist $\pm 2,7$ m. Durch die Hinzunahme von sechs örtlich bestimmten Paßpunkten und ihre Einbeziehung in die Ausgleichung sinkt der mittlere Fehler auf $\pm 2,1$ m. Der Genauigkeitsgewinn ist also im Verhältnis zum Arbeitsaufwand sehr gering, im übrigen, wie die nachfolgenden Ausführungen zeigen werden, für Arbeiten im Maßstab 1 : 25 000 nicht unbedingt notwendig. Man könnte deshalb auf die sechs Zwischenpunkte verzichten. Erforderlich wäre nur eine Kontrolle gegen grobe Fehler.
2. Der hierbei erreichte mittlere Punktfehler von 2,1 m bzw. 2,7 m aus Bildern 1 : 20 000, der einen Mittelwert aus Punkten im offenen Feld und im Walde darstellt, liegt weit über der Genauigkeit, die für die topographische Karte 1 : 25 000 gefordert wird. Nach [3] beträgt der mittlere Lagefehler der vom Topographen im Maßstab 1 : 25 000 bei neuesten Aufnahmen gemessenen Grundrißpunkte ± 6 m, also brauchen die photogrammetrisch gemessenen Einzelpunkte auch nur diese Genauigkeit aufzuweisen. Da dieser Wert hart an der Grenze der Zeichenschärfe liegt, dürfte eine weitere Genauigkeitssteigerung kaum möglich und außerdem zwecklos sein.

Tabelle I: Ergebnisse der Bildtriangulationen 1:25000, Bildmaßstab 1:20000

Reihe	Anzahl der Stereogramme	Länge der Reihe km	Anzahl der Paßpunkte	Mittlerer Lagefehler nach der Ausgleichung			Verbesserungen zu den Näherungen		Mittlerer Lagefehler vor der Ausgleichung		
				M_x	M_y	M_s	dm	da	M_x'	M_y'	M_s'
				\pm m	\pm m	\pm m	0,000	c	\pm m	\pm m	\pm m
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	9	12	7	1,1	1,1	1,6	+02	-1,3	1,4	1,1	1,8
2	9	12	7	0,8	1,8	2,0	-02	+1,5	3,0	2,0	3,6
3	8	12	11	1,3	2,1	2,5	+16	+0,3	2,0	2,7	3,4
4	8	11	7	1,3	0,7	1,5	-02	-0,9	1,4	0,8	1,6
5	6	9	16	1,0	1,0	1,4	-07	-0,8	1,6	1,7	2,3
6	7	10	12	2,1	1,1	2,4	-18	-1,6	2,7	2,0	3,4
7	8	9	10	1,1	2,1	2,4	-05	-2,5	1,3	2,3	2,6
8	7	11	11	1,8	2,3	2,9	-15	-4,1	1,6	2,8	3,2
9	9	13	9	2,4	1,7	3,0	+17	+1,5	3,3	1,7	3,7
10	10	13	6	1,7	0,7	1,8	+05	-1,5	2,3	0,8	2,4
11	8	12	6	1,7	1,3	2,1	+03	+0,1	1,6	1,8	2,4
12	9	14	5	1,1	2,4	2,6	-03	0,0	1,6	2,5	3,0
13	8	11	16	1,8	1,6	2,4	-16	-1,8	2,0	1,8	2,7
14	8	11	6	1,1	0,8	1,4	-03	+0,9	1,4	0,8	1,6
15	9	13	7	0,7	1,3	1,5	-15	+0,8	0,7	1,4	1,6
16	6	10	3	1,7	1,3	2,1	+13	-1,1	2,4	1,8	3,0
17	9	11	5	1,0	1,3	1,6	-06	-0,2	1,1	1,4	1,8
18	7	12	6	1,0	1,7	2,0	+12	-0,6	0,8	2,3	2,4
19	7	11	6	0,8	1,7	1,9	-23	-0,1	0,8	2,4	2,5
Mittel	8	115	8	1,4	1,6	2,1	0,00010	$\frac{c}{1,1}$	1,9	1,9	2,7
				quadratisches Mittel			absolut		quadratisches Mittel		

3. Nach [4] ist der mittlere lineare Lagefehler der vom Topographen im Maßstab 1:5000 gemessenen Grundrißpunkte im offenen Gelände $\pm 2,1$ m, im Walde $\pm 2,4$ m. Der Beirat für das Vermessungswesen hat ± 3 m bzw. ± 7 m zugelassen. Die in Tabelle 1 zusammengestellten Bildtriangulationsreihen erbrachten deshalb das überraschende Ergebnis, daß eine Bildtriangulation aus einem Bildmaßstab 1:20000, also einem Maßstabe, der bisher für Ausmessungen 1:25000 verwendet wurde, eine lagemäßige Punktgenauigkeit liefert, die vom Topographen erst im Maßstab 1:5000 erreicht wird.

Berücksichtigt man noch, daß die gesamten hier behandelten Bildtriangulationen für die Bedürfnisse des Maßstabs 1:25000 durchgeführt wurden, dürfte kein Zweifel daran bestehen, daß die Bildtriangulation mit Bildern des Maßstabs 1:20000 die Paßpunkte mit einer Genauigkeit liefert, die für die Bedürfnisse der Karte 1:5000 voll ausreicht.

Angezogene Literatur.

- [1] F. Nowatzky: Bildtriangulation zur Bestimmung von Paßpunkten. Mitteilungen des Reichsamts für Landesaufnahme, Heft 2, 1940.
- [2] O. v. Gruber: Beitrag zur Theorie und Praxis von Aeropolygonierung und Aero-nivellement.
- [3] Pehneck: Prüfung neuerer Meßtischaufnahmen 1:25000 auf ihre Genauigkeit. Mitteilungen des Reichsamts für Landesaufnahme 1937, Heft 2.
- [4] Graeser: Prüfung der Genauigkeit der topographischen Grundkarte 1:5000. Mitteilungen des Reichsamts für Landesaufnahme 1926, Sonderheft 4.

Von Langendorff 65 Jahre

Der Chef der Heeresplankammer, Ministerialrat von Langendorff, vollendete am 28. Juli sein 65. Lebensjahr.

Als aktiver Offizier war von Langendorff vor dem Weltkriege im Jahre 1903 Bataillonsadjutant, wandte sich 1905 dem Studium der Geodäsie zu und war nach dreijährigem Besuch der Militärtechnischen Akademie auf den verschiedensten Gebieten des militärischen Vermessungs- und Kartenwesens tätig. Während des Weltkrieges stand von Langendorff als Vermessungsoffizier mitten in der Praxis des Kriegsvermessungswesens, war zunächst mit dem Kommando einer vor Nancy, Lunéville und Verdun eingesetzten Vermessungsabteilung be-



traut und führte schließlich als Stabsoffizier des Vermessungswesens die Vermessungstruppen des gesamten Abschnittes Verdun—Basel.

Die Kartenberichtigung nach Fliegerbildern, die Aufnahme von Rund- und Fernbildern und ihre meßtechnische Verwertung gehörte damals schon mit zu den wichtigsten Aufgaben der Vermessungseinheiten an der Front, aber auch trigonometrische und topographische Arbeiten fielen in großem Umfange an. Durch die Einrichtung eines eigenen Druckereibetriebes konnte von Langendorff der Truppe die auf Grund von Fliegerbildern neu berichtigten Karten stets in kürzester Zeit an die Hand geben, was um so wichtiger war, als die Versorgung der Truppe mit Karten damals noch recht schwierig war. Zu seiner Abteilung gehörte auch der Photograph Jäger, der an der Schaffung des bekannten Jäger-Liesegang'schen Entzerrungsgerätes wesentlichen Anteil hatte.

In klarer Erkenntnis der Bedeutung der Photogrammetrie für das militärische Vermessungs- und Kartenwesen hat von Langendorff, aufbauend auf den Erfahrungen des Weltkrieges, dafür Sorge getragen, daß die neu entwickelten Luftbild-Entzerrungs- und Kartiergeräte und die Arbeitsverfahren erprobt wurden, und verfolgte mit besonderem Interesse die

Fortschritte auf dem Gebiete des Meßbildwesens, vor allem im Hinblick auf die militärischen Belange.

Die Sektion Deutschland der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie wählte im Jahre 1925 von Langendorff zu ihrem Vorsitzenden. In unermüdlicher, selbstloser Tätigkeit hat von Langendorff die Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie 14 Jahre lang geführt und wurde in Würdigung seiner Verdienste um das Meßbildwesen 1934 von der ehemaligen Österreichischen und 1939 von der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie zum Ehrenmitglied ernannt.

Ein Wendepunkt der Entwicklung war der 2. Internationale Photogrammeter-Kongreß zu Berlin im Jahre 1926, der unter von Langendorffs Vorsitz vorbereitet und hervorragend geleitet wurde und die Gesellschaft zu hohem zwischenstaatlichem Ansehen brachte. In den Tätigkeitsbereich von Langendorffs fallen auch die vorbereitenden Arbeiten für die Internationalen Kongresse in Zürich 1930, Paris 1934 und Rom 1938 und die Leitung der wissenschaftlichen Kommissionen für Luftbildmessung.

Schon in den ersten vier Jahren seines Wirkens stieg die Zahl der Landesgesellschaften von 2 (1926) auf 11 (1930) und die Mitgliederzahl wuchs von etwa 100 auf 1000.

Die von Langendorff geleiteten Hauptversammlungen der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie und eine Reihe anderer großer Veranstaltungen innerhalb Deutschlands führten der Gesellschaft viele neue Anhänger und Freunde zu.

Durch diese Veranstaltungen mit Vorträgen und Ausstellungen und durch die Veröffentlichungen der Tagungsberichte in Fachzeitschriften konnten sich die amtlichen Leiter der zivilen Vermessungsbehörden über die Fortschritte im Gerätebau und die Entwicklung der Arbeitsverfahren laufend orientieren und somit die Bildmessung in kürzester Zeit auf den verschiedenen Fachgebieten einsetzen.

Die Photogrammetrie ist aber nicht der einzige Zweig des Vermessungswesens, auf den von Langendorff befruchtend eingewirkt hat. Er stand seit 1922 an einflußreicher Stelle der Heeresvermessung, wo er neben anderen bewährten Heeresbeamten des Vermessungs- und Kartenwesens tätig war.

Innerhalb der Heeresverwaltung waren die Vorbereitung und die Schaffung aller Unterlagen, die im jetzigen Kriege für Führung und Truppe eine wesentliche Unterstützung bedeuten, und weiterhin der Aufbau und der Ausbau der Heeresplankammer als Organ des Generalstabes des Heeres mit dem Verdienst von Langendorffs.

Er hat es auch verstanden, eine aus den verschiedensten Berufskreisen stammende Gefolgschaft unter sorgfältiger Auswahl der Person zu einem einwandfreien Behördenkörper zusammenzuschmieden und das Interesse anderer Berufskreise, die nur in loser Fühlung mit seinem Arbeitsgebiet standen, zu wecken und zu vertiefen. Die Würdigung seiner Verdienste als Leiter der Heeresplankammer, insbesondere während dieses Krieges, muß einer späteren Zeit vorbehalten bleiben. Ministerialrat von Langendorff kann an seinem 65. Geburtstag in voller geistiger und körperlicher Rüstigkeit mit Stolz auf ein arbeits- und erfolgreiches Leben zurückschauen.

Zum 30. Todestag Theodor Scheimpflugs (22. 8. 1941)

Mitten aus seinem Schaffen und Planen heraus riß der Tod am 22. August 1911 Hauptmann Theodor Scheimpflug, einen der verdienstvollsten Pioniere der Luftbildmessung.

Scheimpflug, in Wien als Sohn eines Bankdirektors am 7. Oktober 1865 geboren, gehörte seit 1883 der damaligen österreichisch-ungarischen Marine an, die ihn 1896 zum Studium des Maschinenbaues an die Technische Hochschule Wien beurlaubte. Dort beschäftigte er sich auch eingehend mit photogrammetrischen Fragen. Er hatte von 1897 an über zwei Jahre lang Gelegenheit, sich mit den Aufgaben und Arbeiten des Militärgeographischen Instituts in Wien.

besonders seiner Geodätischen Abteilung, vertraut zu machen. Von seinem bedeutsamen Vortrag „Über die Herstellung von Karten und Plänen auf photographischem Wege“ bei der 69. Tagung des Vereins Deutscher Naturforscher und Ärzte im Jahre 1897 in Braunschweig bis zu seinem frühen Tod galt seine Arbeit der Entwicklung der Photokarte. Um dieses Ziel zu erreichen, ließ er sich, nicht zuletzt auch wegen verschiedener Differenzen mit seiner Behörde, mit Beginn des Jahres 1900 beurlauben.

Eine Darstellung seiner Arbeitsmethode hat Scheimpflug selbst in einem Vortrag vor der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der Wiener Akademie der Wissenschaften im Jahre 1906 gegeben:

1. Luftaufnahme mit der von ihm erfundenen Panoramenkammer.
2. Umbildung der Aufnahmen mit dem Photoperspektographen, gegenseitige Orientierung in unbestimmtem Maßstab.



Theodor Scheimpflug (nach einer Aufnahme aus dem Jahre 1907)

3. Einzeichnung von bereits vorhandenen Schichtlinien in das Bild (Höhenplan in perspektiver Projektion).
4. Durch zonenweise Maßstabsberichtigung Umwandlung der Vogelperspektive in eine Orthogonalprojektion.
5. Zusammensetzen der Einzelbilder zur Photokarte.

Als Aufnahmegerät verwendete Scheimpflug als erster die Panoramenkammer („Panorama-Apparat“) und hat damit einen Weg gezeigt, der erst 20 Jahre später, als ganz andere Verhältnisse und Vorbedingungen für die Aufnahme gegeben waren, weiter beschritten wurde.

Um eine Mittelplatte sind sieben unter 45° Neigung angebrachte Seitenplatten so angeordnet, daß die Objektive nach einwärts stehen. Durch Übergreifen der Seitenplatten unter sich und mit der Mittelplatte wird erreicht, daß ein lückenloses Bild von etwa 140° Bildwinkel entsteht. Das Plattenformat war quadratisch, die Brennweite der Objektive betrug 9 cm. Bei den damaligen Verhältnissen konnte man alle drei Minuten eine Aufnahme machen, wobei die Aufnahmhöhe ursprünglich 800 bis 1000 m betragen sollte.

Für die Umbildung der sieben Seitenbilder in die Ebene des Mittelbildes konstruierte Scheimpflug den Photoperspektographen, dessen Konstruktionsgedanken in der Deutschen Patentschrift Nr. 164 527 vom 15. 4. 1903 zusammengefaßt sind. In seiner Akademieschrift aus dem Jahre 1907 „Die Herstellung von Karten und Plänen auf photographischem Weg“ hat Scheimpflug das Entzerrungsverfahren als „Methode der optischen Koinzidenz“ angegeben. Der Photoperspektograph wurde im Laufe der Jahre verändert und erhielt im Jahre 1909 unter Mitarbeit von Ing. Gustav Kammerer seine endgültige Form als Universaltransformator. Er stellt das älteste vollautomatische Entzerrungsgerät dar, erfüllt also die Bedingung der Abstandsgleichung und die Schnittlinienbedingung.

Diese sich aus der Abbeschen Theorie ergebende Bedingung, daß die Schnittlinie von Objekt- und Bildebene mit der (an Stelle der beiden Hauptebenen genommenen) Mittelebene des Objektivs zusammenfallen muß, ist in ihrer Bedeutung für die Photogrammetrie zum erstenmal von Scheimpflug in seiner Schrift „Die Verwendung des Skioptikons zur Herstellung von Karten und Plänen aus Photographien“, Photographische Korrespondenz, Wien 1898, dargestellt worden. Sie heißt deshalb auch nach ihm „Scheimpflug-Bedingung“. Beim ersten Perspektographen war der Winkel zwischen der Mittelebene des Objektivs und der Bildebene konstant; zur Erfüllung der Scheimpflug-Bedingung steuerte ein Triebwerk die Umbildungsebene derart, daß sie stets durch die Schnittgerade von Objektiv- und Bildebene ging.

Das Scheimpflug-Prinzip liegt bekanntlich auch den späteren Erfindungen zugrunde, dem Photokartographen von S. Finsterwalder (1914), dem Entzerrungsapparat von Roussilhe aus dem Jahre 1918 sowie den neueren Entzerrungsgeräten von Zeiss-Aerotopograph und von Photogrammetrie G. m. b. H.

Während bei dem ersten Perspektographen die Transformation nur unter bestimmten Winkeln und Maßstäben möglich war, gestattete der Universaltransformator die Umformung unter allen Winkeln und Maßstäben, außerdem auch noch die Zonentransformation.

Der Scheimpflugsche Zonentransformator bewirkte die Umwandlung des perspektiven Höhenplanes in eine Orthogonalprojektion, indem eine Zone gleicher Geländehöhe des perspektiven Höhenplanes nach der anderen durch Maßstabsänderung mit der Orthogonalprojektion zur Deckung gebracht wurde. Die dadurch in ihrer Vergrößerung veränderte Zone wurde gleichzeitig, nach Abdeckung aller anderen Teile, auf einer lichtempfindlichen Platte festgehalten. Die Gesamtheit aller dieser Platten ergab dann schließlich einen Lageplan mit einheitlichem Maßstab. Die auf diese Weise entstandene Photokarte hatte einen bereits vorhandenen Schichtlinienplan zur Voraussetzung. In seinem erwähnten Vortrag aus dem Jahre 1906 sah Scheimpflug auch schon die Herstellung des Schichtenplanes mit Hilfe des von Pulfrich ein paar Jahre zuvor geschaffenen Stereokomparators vor.

In dem oben angeführten Aufsatz aus dem Jahre 1898 brachte Scheimpflug auch als erster den Gedanken der Doppelprojektion, dessen Verwirklichung Gasser 1915 gelang, mit dem bekannten Versuch der Aufnahme eines Hausmodells durch zwei unveränderlich festgemachte Kammern. Die entwickelten Negative wurden wie bei der Aufnahme wieder eingesetzt und von rückwärts durchleuchtet. Die jeweils sich entsprechenden Lichtstrahlen aus den nun zu Projektionsapparaten gewordenen Aufnahmekammern kamen nun immer an den Punkten zum Schnitt, von denen sie bei der Aufnahme ausgegangen waren. Der weitere Schritt zum Auffangschirm und durch dessen Verschiebung zur Schnittfigur bzw.

beim Geländemodell zur Schnittlinie, war ohne weiteres gegeben. Scheimpflugs Versuchs-anordnung war so, daß die Objektivachsen horizontal und konvergent angeordnet waren.

Er hat auch bereits die Schwierigkeiten gesehen, die diesem optischen Vorwärtseinschneiden anhaften. Bei Stereoaufnahmen aus der Luft liegen alle Punkte praktisch im Unendlichen, wogegen bei der Doppelprojektion der Wiedergabe wegen der verkleinerten Basis alle Punkte endliche Entfernungen von den Platten bzw. Filmen haben. Um nun für alle verschieden entfernten Punkte Scharfabbildung zu erhalten, verwendete Scheimpflug bei der Wiedergabe Teleobjektive mit veränderlicher Brennweite. Sie waren so angeordnet, daß die Schnittlinien der ersten Hauptebene von jedem Objektiv mit der entsprechenden Bildebene und der zweiten Hauptebene mit der entsprechenden Abbildungsebene konjugierte Geraden waren und das Projektionszentrum der entsprechenden Platte mit dem ersten Hauptpunkt des dazugehörigen Objektivs zusammenfiel.

Eine Lösung dieses für die Doppelprojektion so wichtigen Problems der Scharfabbildung aller Punkte brachte bekanntlich im Jahre 1921 das von Bauersfeld eingeführte Zusatzsystem zum Stereoplanigraphen.

In seiner Patentschrift Nr. 228 590 vom 14. 8. 1909 hat Scheimpflug den Gedanken der Radialtriangulation ausgesprochen. Er meldete ein „Verfahren zur Lageplanherstellung“ an, das dadurch gekennzeichnet war, daß auf drei aufeinanderfolgenden Luftbildern die jeweiligen Nadirpunkte und eine Anzahl identischer Bildpunkte ausgewählt, zusammengehörende Strahlenbüschel gezogen und so gegeneinander orientiert waren, daß die fehlerzeigenden Figuren entsprechender Strahlen möglichst verschwanden. Dieses Verfahren wurde in wildem Maßstab mit weiteren Gruppen von je drei Aufnahmen (Ballonstandorten) fortgesetzt, bis das gesamte Bildmaterial zu einem Ganzen zusammengefügt war, das je nach den Verhältnissen nochmals einer Ausgleichung unterzogen werden sollte.

Die Weiterentwicklung dieser Scheimpflugschen Vorschläge findet sich dann bekanntlich in der Abhandlung von E. Rudel und S. Finsterwalder, „Darstellung eines nahezu ebenen Geländes nach Fliegeraufnahmen bei spärlich vorhandenen Festpunkten“, Sitzungsbericht der mathematisch-physikalischen Klasse der Bayer. Akad. d. Wissenschaften, 1921. Auch die englische Arundel-Methode gründet sich auf die von Scheimpflug in der Patentschrift von 1909 entwickelten Ideen der Radialtriangulation.

In Scheimpflugs Nachlaß fand sich eine Arbeit, die sich mit der Konstruktion von Höhenlinien nach dem „Kernflächenverfahren“ befaßte. Diese Methode hat aber wegen ihrer Umständlichkeit niemals praktische Bedeutung erlangt.

Scheimpflug hat die Erfolge seiner Arbeit nicht mehr erleben dürfen. Den schwersten Schlag traf sein Werk aber drei Jahre nach seinem Tode, als in der Katastrophe von Fischamend, am 20. Juni 1914, Scheimpflugs Mitarbeiter und Nachfolger, Ing. Gustav Kammerer, den Tod fand und die Vernichtung der Panoramenkammer die Einstellung aller weiteren Arbeiten erzwang.

Durch den Weltkrieg bedingt, hat eine ungeahnte Entwicklung der Photogrammetrie, ihrer Methoden und Instrumente eingesetzt, deren Ergebnisse wir heute, nach 30 Jahren, in dem hochentwickelten Stand der modernen Luftbildmessung vor uns liegen sehen. An ihren ersten Anfängen entscheidende und richtungweisende Pionierarbeit geleistet zu haben, ist das Verdienst von Hauptmann Theodor Scheimpflug. Seiner gedenkt an seinem 30. Todestag die Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie in Dankbarkeit.

Erwin Roemmelt.

Emil Wolf †

Aus Rio de Janeiro kam die Nachricht, daß Major Ingenieur Emil Wolf dort nach dreitägiger Krankheit am 16. Juni 1941 verschieden ist.

So wenig er auch in den letzten Jahren in Fachkreisen in Europa hervorgetreten ist, so sehr war er schon seit Anbeginn der Stereophotogrammetrie als der berufenste Mitarbeiter von Orels an der Schaffung des ersten automatischen Auswertegerätes, des Stereoautographen, beteiligt, wodurch der Grundstein zu dem mächtigen Gebäude der modernen Photogrammetrie gelegt war.

Wolf wurde am 2. Januar 1882 in Molschen in Böhmen geboren und verlebte seine Jugend in Pola, dem seinerzeitigen Hauptkriegshafen der ehemaligen österreichisch-ungarischen Monarchie, wo sein Vater bei der österreichischen Marine diente. In der dortigen Infanterie-Kadettenschule, deren vier Klassen er mit vorzüglichem Erfolg absolvierte, erhielt er seine Ausbildung zum Offizier, worauf er beim k. u. k. Infanterieregiment Nr. 31 in die Armee eintrat und im Jahre 1906 als Leutnant in die Mapperschule (Mappeur = Topograph) des damaligen k. u. k. Militärgeographischen Institutes in Wien kam. Wenn er schon damals, wie auch später im Leben, sich stets unter den Besten befand, so verdankte er dies seinen hervorragenden Anlagen für Mathematik und Physik sowie seiner, seltenen Handfertigkeit und Geduld für mechanische Arbeiten.

Nach seiner Einteilung in die Mappierungsgruppe war er bei der Aufnahme der Schießplätze Hajmáskér in Ungarn und Alt-Benadek in Böhmen und bei den Grenzregulierungsarbeiten entlang der Drina zwischen Bosnien und Serbien bis zum Jahre 1910 tätig.

Die tachymetrische Präzisionsaufnahme von Hajmáskér (1909) diente für einen Vergleich der durch Tachymetrie gewonnenen und im Stereoautographen (siehe weiter unten) gezeichneten Schichtenlinien. Um die weitere Tätigkeit Wolfs im Zusammenhang mit der damals aufblühenden Stereophotogrammetrie und automatischen Auftragung richtig zu würdigen, seien hier einige geschichtliche Erinnerungen eingeschaltet.

Im Jahre 1901 erfolgten mit der Schaffung des Stereokomparators die ersten bahnbrechenden Arbeiten Pulfrichs in Jena, die zur Begründung einer neuen Meßmethode, der Stereophotogrammetrie, führten. Vor jenem Zeitpunkt hatte bereits Freiherr von Hübl im Militärgeographischen Institut zu Wien die Meßtisch- oder Intersektionsphotogrammetrie im Tátragebirge in den Jahren 1894—1896 erprobt und hierauf als ständiges Aufnahmeverfahren in den Dienst der Landesaufnahme eingeschaltet. Auf seine Veranlassung beschaffte man dann im Jahre 1903 die Pulfrichsche Feldausrüstung und einen Stereokomparator zur punktweisen Auswertung der gemachten Aufnahmen.

Die erste Versuchsarbeit erfolgte im Sommer 1905 durch von Orel und Offizial Wollen in der rund 3000 m hohen Palagruppe in Südtirol mit 14 stereophotogrammetrischen Aufnahmen, deren punktweise, numerische Auswertung viel Zeit und Arbeit erforderte. Von Orel suchte daher eine graphisch-mechanische Lösung, indem er mittels eines Systems von hebelartigen Linealen die Schlittenbewegungen auf ein Zeichenbrett übertrug. So entstand im Jahre 1908 das erste automatische Auftrageinstrument für stereophotogrammetrische Aufnahmen, das bei A. Rost in Wien hergestellt und auf Vorschlag von Prof. Doležal Autostereograph genannt wurde. Inzwischen waren neue Modelle des Stereokomparators erschienen, deren eines („E“) als Grundlage für das bei Carl Zeiss in Jena seit 1908 hergestellte und am 6. 12. 1909 in Wien eingetroffene Modell 1909 diente, das nunmehr fortan Stereoautograph hieß. Es mag aber hier gleich erwähnt werden, daß mit diesen Instrumenten die Schichtenlinien noch nicht kontinuierlich gezogen wurden, sondern derart, daß man Punkte gleicher Höhe einzeln auftrug und dieselben dann zur Schichtlinie verband.

Die Photogrammetrie-Abteilung des Militärgeographischen Institutes zu Wien wurde im Jahre 1910 errichtet und als ihr erster Leiter von Orel ernannt. Sie bildete damals die kleinste, aber auch eine der interessantesten Abteilungen, in der außer Orel nur noch Feldwibel Fluder (heute Vermessungsinspektor) tätig war.

Als Oberleutnant Wolf im gleichen Jahre in die Photogrammetrie-Abteilung eintrat, wurde er durch Orel in die Arbeit an den ersten beiden Autographen eingeführt, die er in mancher Weise (z. B. durch Anbringung einer federnden Scherenverbindung zwischen Linealen und Schlitten) verbesserte. Im darauffolgenden Jahre aber nahm er bereits an der Aufstel-

lung und Justierung des bei Carl Zeiss in Jena entwickelten und nach Wien gelieferten Stereoautographen Modell 1911 teil. Da er die werkstattmäßige Justierung durch Fühlhebel und Justiermikroskop zu zeitraubend und nicht für durchgreifend hielt, entwickelte er einen Justiervorgang unter ausschließlicher Benutzung der immer scharf meßbaren Parallaxenwerte, die in der terrestrischen Photogrammetrie die wichtigsten Bestimmungsgrößen sind. Dadurch konnte die vollständige Justierung in weniger Stunden vorgenommen werden, als früher das mechanische Probieren Tage benötigt hatte. Bei der Herstellung der damit verbundenen Arbeitsanweisungen, ebenso wie bei allen seinen späteren Arbeiten, blieb Wolf stets bescheiden im Hintergrund, so daß die meisten seiner Anregungen und Neuerungen nur ganz wenigen Fachleuten unter seinem Namen bekannt geworden sind. Es sei hier nur darauf hingewiesen,



daß Wolf u. a. die Verlegung des Zeichentisches aus dem Innern des Stereoautographen nach außen und die Verwendung des Kreuzkopfes vorschlug.

In der kurzen Zeit, die Wolf der Photogrammetrie-Abteilung angehörte, war er auch mit den Auswertungen für die Neuaufnahme von Südtirol (über 1500 qkm im Maßstab 1 : 25 000) beschäftigt. Neben seiner beruflichen Tätigkeit war Wolf bestrebt, seine theoretischen Kenntnisse durch Selbststudium und Besuch der Vorlesungen und Übungen über Photogrammetrie bei Prof. E. Doležal an der Technischen Hochschule in Wien zu bereichern, was ihm dank seinem leichten Auffassungsvermögen in überraschend kurzer Zeit gelang. Dies ermöglichte es ihm, im Jahre 1912 einen neuen Rechenvorgang für die Bestimmung der Bildweite von Phototheodoliten und der Basismikrometerkonstanten zu entwickeln, der diese Werte mit großer Schärfe zu bestimmen erlaubte.

Als am 1. Juli 1912 von Orel das Militärgeographische Institut verließ und zusammen mit der Firma Carl Zeiss das Wiener stereophotogrammetrische Vermessungsbüro „Stereographik“ gründete, folgten ihm Wolf (Eintrittstag 5. 7. 1912) und Fluder (Eintrittstag 15. 7. 1912) als die bewährtesten Mitarbeiter und trugen viel dazu bei, die damalige Glanzzeit der Photogrammetrie herbeizuführen. Auch Dipl.-Ing. Lüscher (Eintrittstag 8. 7. 1912; heute Oberregierungsrat im OKH. Berlin) und Dr. v. Gruber (Eintrittstag 15. 10. 1913; heute Wissenschaftlicher Mitarbeiter bei Carl Zeiss in Jena) gehörten zu den ersten Mitarbeitern von Orels.

Bald stand die Stereographik im Mittelpunkt des Interesses der ganzen Welt, und zahlreiche Arbeiten wurden ausgeführt. In Kenntnis der unvermeidlichen instrumentellen Fehler ermittelte Wolf im Jahre 1913 die günstigsten Arbeitsbedingungen für die Arbeiten im Feld und am Stereoautographen. Unter Zugrundelegung eines Gesamtparallaxenfehlers von 0,01 mm berechnete er Diagramme und Tabellen für die richtige Wahl der Basislängen und für die optische Basismessung. In diesem Jahre führte er auch die Feldarbeiten für den Kohlenbergwerks-Tagbau Trifail in Steiermark (430 ha im Maßstabe 1 : 1000) aus. Im August des gleichen Jahres machte er für die französische Interessentengruppe Corbin & Co. mustergültige Aufnahmen des Chamonix-Tales für Wasserkraftanlagen (150 qkm in 1 : 20 000) und des Montblanc-Gebirges zum Vergleich mit der topographischen Karte (32 qkm in 1 : 20 000). Davon erlangte die Teilaufnahme des Lac de Pormenaz eine gewisse Berühmtheit als Schulbeispiel einer stereophotogrammetrischen Präzisionsaufnahme. Diese und eine ähnliche kleine Vergleichs- und Propagandaaufnahme bei Adelboden (30 ha in 1 : 20 000) für die Schweizer Landestopographie in Bern hatten die Einführung des Orelschen Verfahrens in beiden Ländern zur Folge.

Das Jahr 1914 fand Wolf in Pola bei umfangreichen stereophotogrammetrischen Aufnahmen für Haubitzen-Schießversuche und die Kubaturbestimmung der von Seeminen hochgeschleuderten Wassermengen.

In Wien lernte Wolf den brasilianischen Hauptmann Alipio di Primio (nachmaliger General und Direktor des Militärgeographischen Institutes in Rio de Janeiro) kennen, der ihn zu einer gemeinsamen Reise nach Brasilien veranlaßte, wo er einen Stereoautographen in Rio de Janeiro aufstellte, einen Ausbildungskurs für Offiziere des Kriegsministeriums und Ingenieure des Katasteramtes abhielt und die Ilha do Governador aufnahm. Die Eindrücke dieser Reise hat Wolf oft im Bekanntenkreise lebendig geschildert.

Der Ausbruch des Weltkrieges überraschte ihn in der Ferne, doch als österreichischer Offizier versuchte er mit allen Mitteln seine Rückkehr nach Wien, die ihm schließlich nach einer planmäßigen vielwöchigen Vorbereitung unter vielen Gefahren und großen materiellen Opfern über Spanien, Frankreich und die Schweiz im Winter 1915/16 gelang. Eine Schilderung dieser Reise würde einen Roman für sich bilden, doch fand Wolf bei seinem Eintreffen in Wien weder Lob noch Anerkennung für diese Tat, die nach seinen eigenen Worten dem heißen Wunsche entsprang, „als Offizier bei seinem Regiment vor dem Feinde zu stehen“.

Nach einer kurzen Kampf Tätigkeit als Kompanie- und Bataillonsführer berief man ihn im Frühjahr 1916 als Hauptmann in das Militärgeographische Institut zu Wien, wo die Organisation des Kriegsvermessungswesens und der Kriegsphotogrammetrie gerade in vollem Gange war. Mit Feuereifer widmete er sich nun den großen Aufgaben, die sich anfangs auf die Leitung der Autogrammetrie-Abteilung und später auf die Mitarbeit bei der Neuaufnahme von Alt- und Neuserbien bis Montenegro und Albanien erstreckten.

Die Kriegsphotogrammetrie (unter Leitung von Rittmeister Pletz, der an von Orels Stelle getreten war) gliederte sich anfangs in zwei, später in drei Kriegsphotogrammetrie-Abteilungen (für die Aufnahmarbeiten), deren zweite Hauptmann Wolf von 1916 bis Ende Mai 1917 mit dem Standquartier Prijepolje im ehemaligen Sandschak Novipazar innehatte. Außer den genannten Abteilungen bestanden noch die Autogrammetrie (für die Auswertarbeiten) und sogenannte Photogrammeterzüge, die mit der Durchführung von Spezialaufgaben betraut wurden und deren Tätigkeit sich bis in die Türkei erstreckte. Diese ganze Organisation beschäftigte damals einschließlich des Bestandes der unter Kriegsleistung stehenden Stereographik 30 Photogrammeter und verfügte über 5 Stereoautographen, doppelt sovielle Feldausrüstungen, 3 Stereokomparatoren usw. Die durch terrestrische Kriegsphotogrammetrie aufgenommenen Flächen betrug in den Jahren 1916 und 1917 etwa jährlich 7000 qkm — eine auch bis heute unerreichte Leistung.

Aus jener Zeit stammen seine schriftlichen und mündlichen technischen Anordnungen, die von seltener Gründlichkeit zeugen und im Hinblick auf den großen Umfang der Arbeiten die ersten ihrer Art waren. Er erreichte auf diese Weise eine einheitliche Durchführung der Feldarbeiten und bildete selbst in eigenen Kursen eine große Zahl von Feldphotogrammetern aus. Unter den vielen von ihm gemachten Vorschlägen und Neueinführungen bewährte sich bei der Stereo-Feldarbeit besonders das „Wolfsche Basisdiagramm“ (ausgegeben in Prijepolje am 22. 7. 1917), das zur Abgrenzung der Aufnahmeflächen von normalen und verschwenkten Aufnahmen auf Grund eines angenommenen Mindestwertes der stereoskopischen Parallaxe diente.

Wolf mit einigen seiner Mitarbeiter bei Beendigung des Weltkrieges im Militärgeographischen Institut zu Wien, 1918.



	Manek		Putschi		Spiegel		Weidinger	
Polli	Paul	Domansky	Wenzel	Nyazi (Türkei)	Pulit	Puhaca	Thomasberger	Horka
		Miorini		Wolf	Tiller		Posselt	

Im Juni 1917 betraute man Wolf mit der Leitung einer neu aufgestellten Versuchsabteilung des Kriegsvermessungswesens. Hauptaufgabe dieser Abteilung war es, die Grundlagen für die Verwendung von Fliegerbildern für die Landesaufnahme zu studieren. Es standen einige Heyde-Hugershoffsche Kammern und Bildmeßtheodolite zur Verfügung. Zur genauen Ermittlung der Kamerabildweiten wurde nach Wolfs Angaben in der Instituts-Werkstatt ein Doppelkollimatorgerät gebaut, womit man die Bildweiten mit hoher Genauigkeit ermitteln

konnte (0,004 mm). Bei den Heyde-Kammern mit Zeiss-Amatar wurde die Verzeichnung des Objektivs bei der Ausgleichung mitbestimmt. Für den Rückwärtseinschnitt im Raume stellte er vollständige Formeln für die Beziehungen zwischen den Plattenkoordinaten und den Terranpunktkoordinaten sowie Differentialformeln auf.

Nach dem Weltkriege, der den Zusammenbruch der Monarchie und die Auflösung des Militärgeographischen Institutes zur Folge hatte, konnten die Versuchsarbeiten nicht mehr fortgesetzt werden, und Wolf begab sich Ende 1918 für die Wiener Stereographik nach der Schweiz, wo er Dr. Helbling in Flums bei der Organisation seines Vermessungsbüros unterstützte und dort verschiedene Vermessungen durchführte.

Im Jahre 1919 wurde Wolf zum Zeiss-Werk nach Jena berufen, wo er bis zum 31. 3. 1921 als Angehöriger der Stereographik-Zentrale verblieb. Dort arbeitete er an der Weiterentwicklung des Orel-Zeiss'schen Stereoautographen zu einem Universalgerät, dem sogenannten Luftbild-Stereoautographen (September 1920). Diese Konstruktion kam nicht mehr zur Ausführung, da der Stereoplanigraph eine günstigere Lösung darstellte. Ferner beschäftigte er sich mit Überlegungen für die Verwendung des Kreisels zur Stabilisierung der Kammern oder wenigstens zur Erzielung eines künstlichen Horizontes. Wolfs erfinderische Tätigkeit im Rahmen der Firma Carl Zeiss beschränkte sich aber nicht nur auf dieses Gebiet, sondern er war es auch, der eine Parallellösung zum Hugershoffschen Autokartographen durch die Lösung der dort gestellten Aufgabe mit räumlichen Lenkern fand. Auf Wolf geht das DRP. 385 415 vom 2. 12. 1920 zur Konstruktion eines Auswertegerätes mit Bildtheodoliten zurück, die durch Raumlenker mit einem räumlichen Kreuzschlittensystem oder, bei Umlegung der Höhe in die Horizontalebene, mit einem entsprechend abgeänderten ebensolchen System durch zwei Paare von Hebeln, die sich lediglich in der Horizontalebene drehten, gekuppelt waren¹.

Erwähnt sei noch, daß Wolf sich vorübergehend im Jahre 1920 in Nordamerika aufhielt und dort die stereophotogrammetrischen Instrumente und Arbeitsmethoden vorführte.

Brasilien hatte inzwischen die Lage der Nachkriegszeit in der Weise geschickt ausgenutzt, daß es auf dem Gebiete der Landesvermessung die freiwerdenden Kräfte von hervorragenden Wiener Spezialisten an das Militärgeographische Institut in Rio de Janeiro heranzog, wobei die früheren Verbindungen Wolfs mit Brasilien ausschlaggebend waren. Sogar Feldmarschallleutnant Dr. h. c. Arthur Freiherr von Hübl, der berühmte, damals 60jährige letzte Kommandeur des Wiener Militärgeographischen Institutes folgte einem solchen Rufe und begab sich an der Spitze zahlreicher Fachleute auf mehrere Jahre nach Brasilien.

Im Sommer 1921, also etwa ein Jahr nach dem Eintreffen der Österreicher in Brasilien, trat auch Wolf in brasilianische Dienste und übernahm die technische Leitung der photogrammetrischen Gruppe des Serviço Geográfico e Histórico do Exército als Instruktor und technischer Beirat. Wolf fand in dem neuen Wirkungsgebiet eine reiche Betätigungsmöglichkeit und veranlaßte die Ausstattung des dortigen photogrammetrischen Dienstes mit den jeweils modernsten Geräten, wie Fliegermeßkammern, Stereoautographen, Aerokartographen, Stereoplanigraphen, Multiplex, Entzerrungsgeräten usw.

Als erste Glanzleistung erfolgte die Aufnahme und Herstellung der topographischen Karte 1 : 50 000 des Distrito Federal (Bundesgebiet der Hauptstadt Rio de Janeiro, 1117 qkm) in der kurzen Zeit von acht Monaten. Die terrestrische Aufnahme erstreckte sich auf etwa 400 qkm, während die Flugaufnahmen durch den später verunglückten Major Vallo hergestellt und alle Arbeiten Mitte 1922 beendet wurden. Wolf wertete dabei die Aufnahmen selbst im Stereoautographen aus. Für die späteren photogrammetrischen Arbeiten blieb der Maßstab 1 : 50 000 neben 1 : 25 000 in Verwendung.

Für den Aerokartographen verfaßte er Justiervorschriften, ähnlich wie beim Stereoautographen. Dabei entwickelte Wolf eine einfache Methode zur stereoskopischen Justierung und Orientierung von Luftaufnahmen im Aerokartographen, wobei sämtliches Probieren vermieden wird. Die Korrekturen werden aus den gemessenen Parallaxen durch einfache Beziehungen ermittelt und direkt eingeführt, so daß die Justierung und Orientierung eines Plattenpaares kaum eine halbe Stunde in Anspruch nimmt.

¹ Siehe: von Gruber: Ferienkurs in Photogrammetrie; Stuttgart, 1930, S. 222.

Neben seinem eigentlichen Beruf hielt Wolf an der Ingenieurschule und im Serviço Geográfico Militar für Militärgeographen sowie für die Heeres- und Marineflieger verschiedene Lehrkurse ab, bei denen ihm seine außergewöhnlichen mathematischen Kenntnisse zugute kamen. Für die Dienstverwendung verfaßte er ausführliche technische Anweisungen. Nach dem Tode Vallos (1931) übertrug man ihm auch den ganzen Aerophotogrammetrischen Dienst.

Mit Europa blieb er in dauernder, wenn auch loser Verbindung. Sein Briefwechsel mit Fachleuten betraf häufig seine eigenen Vorschläge in bezug auf Instrumente und Verfahren. Eine seiner Lieblingsideen war das Rollenstereoskop (DRP. 708 221 vom 19. 11. 1938), das er im Militärgeographischen Institut in Rio de Janeiro unter dem Namen „Esterographo Modelo S. G. E.“ einführte und auch bei Carl Zeiss herstellen ließ. Es sollte besonders bei den Aufnahmen von Neuland die möglichste Vereinfachung der stereoskopischen Auswerteverfahren herbeiführen.

Wolf entwickelte verschiedene numerische Verfahren für das Einpassen beim maßstäblichen Entzerren von Aufnahmen ebenen Geländes. Das räumliche Problem der Aerotriangulierung löste er auf originelle Art mittels der Anwendung senkrechtlicher Meßebenen und genäherter Höhenbestimmung, was unter dem Namen der Wolfschen Methode in die Wissenschaft eingegangen ist. Einer seiner letzten Vorschläge bezog sich auf ein Doppelbildauswertegerät mit Raumenkern für achsparallele Luftaufnahmen.

Wolf zählte zu den Gründungsmitgliedern der Österreichischen Gesellschaft für Photogrammetrie (1907) und der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie (1910). Bei dem ersten Kongreß über Photogrammetrie zu Wien 1913 erregten seine durch die Stereographie ausgestellten Arbeiten ganz besondere Aufmerksamkeit.

Das letztmal hielt er sich in Europa gelegentlich des Internationalen Photogrammeter-Kongresses in Rom 1938 auf, nachdem er zuvor eine schwere Krankheit überstanden hatte. Sein reger Geist und seine unermüdete Tatkraft empfanden immer mehr die ihm gezogenen engen Grenzen. Er beschloß sein reiches Leben, ohne daß es ihm vergönnt war, die Auswirkung seiner Ideen sehen und noch alles das vollenden zu können, was er sich als Ziel gesetzt hatte. Vielleicht war diese Tragik dadurch bedingt, daß er den Zentren der Weiterentwicklung zu sehr entrückt blieb, und daher auch nicht jenen Verkehr mit Fachkreisen pflegen konnte, der möglicherweise zu einer weiteren Befruchtung eigener Ideen geführt hätte.

Wolfs ruhiges und feines Wesen, seine vollkommene Beherrschung der italienischen und der portugiesischen Sprache, sein vorzügliches Violinspiel und seine gesellschaftlichen Umgangsformen hinterließen in jedem, der Gelegenheit hatte, mit ihm zu verkehren, den Eindruck, daß es sich hier um einen hochstehenden Menschen handelte, wie sie nur äußerst selten anzutreffen sind.

Er steht deshalb auch allseits in bleibender Erinnerung und Wertschätzung².

Seine neue Heimat zollte ihm während des Lebens und auch noch im Tode unumschränkte Anerkennung, was sich in der Veranstaltung eines Ehrenbegräbnisses und der hingebenden Teilnahme aller dortigen Fachkreise und höchster Persönlichkeiten der Regierung ausdrückte. Seine Pioniertätigkeit wird auf lange Zeit hinaus der Bildmessung Früchte bringen. —

Wolf hinterließ in Rio seine Frau, die ihm seit 1917 bester Kamerad und frohe Lebensgefährtin war, und einen Sohn, der nach freiwilliger Ableistung des Reichsarbeitsdienstes z. Z. in einem großen deutschen Flugzeugwerk als Praktikant arbeitet, um Ingenieur zu werden.

F. M a n e k, Jena.

Veröffentlichungen von Emil Wolf:

Anleitung zur Fliegerbildauswertung. (Für den Dienstgebrauch im Militärgeographischen Institut.) Wien 1917.

Technische Anordnungen (für die photogrammetrische Feldarbeit). Prijeopolje (Sandschak Novipazar). K. u. k. Kriegsphotogrammetrie-Abt. Nr. 2 — 4. IV. 1917.

Die stereophotogrammetrische Feld- und Zimmerarbeit. Wien (Militärgeographisches Institut) 1919. (Nur für den Dienstgebrauch.) Lithographiert 20 × 28 cm, 136 S.

² An dieser Stelle sei für alle Mitteilungen und Hinweise gedankt, die dem Schreiber dieses Nachrufes von vielen Seiten zugekommen sind, insbesondere Herrn Hofrat Prof. Dr. Doležal für die Beistellung wichtiger Originalmitteilungen Wolfs über die Zeit von 1910 bis 1931.

- Der Stereoaerograph Mod. 1911 und 1914, Theorie und Justierung.* (Wien (Militärgeographisches Institut), April 1919. (Nur für den Dienstgebrauch.) Lithographiert, 20×28 cm, 199 S. Auf Grund von Vorträgen als Manuskript. Mit einem Vorwort von Hauptmann Miorini.
- Die Luftphotogrammetrie im Militärgeographischen Institut von Brasilien* (Portugiesisch). Viacao, Rio de Janeiro, Bd. III, S. 13—21.
- Über die maximalen Konvergenzen der Kamera-Achsen in der Stereophotogrammetrie.* B. u. L. (1931), S. 20—22.
- Bestimmung der Neigung und Kantung von Steilaufnahmen aus Luftfahrzeugen.* B. u. L. (1933), S. 10—20. Übersetzt aus „Revista Militar Brasileira“, Nr. 2, 1930.
- Bestimmung der äußeren Orientierung bei Senkrechtaufnahmen.* B. u. L. (1934), S. 128—142, 190—195.
- Beschreibung des Rollenstereokops.* (Manuskript.) Rio de Janeiro, 1938.

Zehn Jahre Zeiss-Aerotopograph Jena

Am 10. Juni 1931 wurde die Zeiss-Aerotopograph G. m. b. H. in Jena durch den Zusammenschluß der Bildmeßabteilung der Firma Carl Zeiss und der Aerotopograph G. m. b. H., Dresden, gegründet. Die hierdurch erreichte Vereinigung führender deutscher Spezialisten der photogrammetrischen Wissenschaft und Praxis sowie die Zusammenfassung der maßgebenden Patente eröffneten die Möglichkeit unbehinderten schöpferischen Fortschrittes und Schaffens.

Die Zielsetzung der neuen Gesellschaft, der instrumentelle und methodische Ausbau der Erd- und Luftbildmessung, die Erprobung neuer Erkenntnisse und Konstruktionen, die technische, wissenschaftliche und wirtschaftliche Beratung der photogrammetrisch tätigen Fach- und Berufskreise, die Einführung und der Vertrieb aller bei der Firma Carl Zeiss geschaffenen Aufnahme- und Auswertegeräte, ist im ersten Jahrzehnt ihres Wirkens mit außerordentlicher Tatkraft verfolgt worden.

Durch eigene Versuchsarbeiten, durch die ständige Fühlungnahme mit den Verbraucherkreisen, durch sorgfältiges Studium der Aufgabenstellung und der Bedingungen, die ihre Erfüllung beeinflussen, durch persönliche Mitwirkung bei Fachunternehmungen in allen Zonen der Erde, wie auch gelegentlich der alljährlichen „Photogrammetrischen Wochen“ in Jena, zu denen bisher Fachleute aus 40 Ländern sich einfanden, haben die zahlreichen wissenschaftlichen Mitarbeiter der Firma alle praktischen Erfahrungen zusammengetragen, die in instrumenteller und methodischer Hinsicht zur Befriedigung der Forderungen der Praxis und zur fortschrittlichen Weiterentwicklung notwendig sind.

Ihre sichtbaren Ergebnisse sind die zahlreichen Spezialgeräte, die in ihrer Gesamtheit ein Instrumentarium ergeben, das alle Bezirke der Luft-, Erd- und Nahbildmessung mit den wünschenswerten Hilfsmitteln versieht. Die qualitative Ausführung ist weltbekannt. Sie ist begründet durch die bodenständige und werktreue Facharbeiterschaft des Zeiss-Werkes und durch langjährige Erfahrungen im Präzisionsinstrumentenbau, wie sie sich z. B. durch das 40jährige Bestehen des Stereokomparators zeigt, den C. Pulfrich im Jahre 1901 erfand.

Die besonderen Erfolge, die die Exportbemühungen von Zeiss-Aerotopograph zu verzeichnen haben, stellen die deutschen Erzeugnisse an die Spitze aller photogrammetrischen Geräte der Welt. Die Leitung der Gesellschaft liegt seit ihrer Gründung in den Händen von E. O. Messter, der seit 25 Jahren auf dem Gebiete des Luftbildwesens und der Luftbildmessung tätig ist.

Eine instrumentell-historische Betrachtung des photogrammetrischen Aufstieges ist für das nächste Heft vorgesehen.

15 Jahre „Bildmessung und Luftbildwesen“

Im November 1926, kurz bevor die 2. Hauptversammlung der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie als internationaler Kongreß in Berlin stattfand (21.—26. 11. 1926), erschien das erste Heft der vorliegenden Fachzeitschrift „Bildmessung und Luftbildwesen“.

Die Zeitschrift wurde von der Deutschen Landesgesellschaft für Photogrammetrie zunächst in zwangloser, ab 1927 in vierteljährlicher Folge herausgegeben. Sie war gleichzeitig Beiheft der „Allgemeinen Vermessungs-Nachrichten“ und erschien im Verlag der R. Reiss G. m. b. H., Bad Liebenwerda, jetzt Herbert Wichmann, Berlin-Grünwald, unter der ehrenamtlichen Schriftleitung von Senatsrat Koerner.

Nachdem ab 1. Oktober 1938 durch Erlaß der Reichspressekammer eine Änderung erforderlich war (der Jahrgang XIV wurde in Form der Hefte 1—5 der „Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie aus dem Gebiet Bildmessung und Luftbildwesen“ im Verlag Gebauer-Schwetschke, Heft 3—5 unter der ehrenamtlichen Schriftleitung von Prof. Dr.-Ing. Lacmann, herausgegeben), erschien ab Juni 1940 (Jahrgang XV = 3 Hefte) „Bildmessung und Luftbildwesen“ als Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie wieder im Verlag Herbert Wichmann unter der ehrenamtlichen Schriftleitung von Direktor Geßner.

Damit bleibt „Bildmessung und Luftbildwesen“ die einzige regelmäßig erscheinende deutsche Zeitschrift, die laufend über das Gesamtgebiet der Photogrammetrie berichtet.

In der Einleitung zum ersten Heft wurde auf die bereits von der Photogrammetrie erzielten Erfolge hingewiesen, insbesondere auf die neuen Wege, die das Flugzeug inzwischen gewiesen hatte; gleichzeitig wurde aber die Aufgabe betont, nicht nur die geodätische Anwendung, sondern auch die anderen Zweige der Photogrammetrie sowie das gesamte Luftbildwesen durch geeignete Aufsätze und Berichte zu fördern.

Diesem Grundsatz ist die Zeitschrift in den vergangenen 15 Jahren stets treu geblieben. Die Fachaufsätze und Berichte wurden unentgeltlich vorwiegend von Mitgliedern der Deutschen Gesellschaft in reichem Maße zur Verfügung gestellt. Auch Herren anderer Landesgesellschaften waren als Mitarbeiter in reicher Zahl beteiligt.

Das geistige und das praktische Schaffen aller Zweige der Bildmessung widerspiegelnd, trug die Zeitschrift wesentlich dazu bei, daß die Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie neue Mitglieder gewann, daß in den verwandten Berufsgruppen Freunde erstanden und daß allgemein der Photogrammetrie wachsendes Verständnis entgegengebracht wurde.

Nachdem sich „Bildmessung und Luftbildwesen“ eingebürgert hatte, konnte der Versand von Sonderdrucken wesentlich eingeschränkt werden, da fast alle wichtigen Aufsätze auf dem Gebiet der Photogrammetrie in ihr erschienen.

Diese verschafften nicht nur der Zeitschrift allgemeine Wertschätzung, sondern trugen dazu bei, daß die Photogrammetrie im Inland und Ausland stetig wachsende Bedeutung erlangte. Sie verbreiteten die Kenntnis über das Fachgebiet, halfen persönliche Beziehungen anzuknüpfen, vermittelten Erfahrungen und trugen so zur Klärung und Anregung weiterer Forschungen und Arbeiten wesentlich bei.

Wenn also heute die Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie mit Stolz auf die in den vergangenen 15 Jahren in „Bildmessung und Luftbildwesen“ geleistete Arbeit zurückblicken kann, so muß sie vor allem die Tatsache erfreuen, daß der Appell an den Idealismus der Mitarbeiter so reiche Früchte getragen hat. Hier aber soll die Gelegenheit wahrgenommen werden, ihnen allen zu danken, die in so selbstloser Weise dazu beigetragen haben, daß die Photogrammetrie durch „Bildmessung und Luftbildwesen“ in weiten Kreisen die heutige Achtung und Wertschätzung erfahren hat.

Gedenktage

War der Gedanke der im Raum wandernden Marke beim stereophotogrammetrischen Meßverfahren zwar schon länger bekannt, ohne aber praktisch weiter verwertet zu werden, so griff Carl Pulfrich (1858—1927) als wissenschaftlicher Mitarbeiter von Carl Zeiss in

Jena Ende des vorigen Jahrhunderts diese Idee neu auf. Nach jahrelangen Versuchen führte dies zur Konstruktion des stereoskopischen Entfernungsmessers, dessen Weiterentwicklung sehr rasch zur Stereophotogrammetrie führte, die die seitherige Meßtischphotogrammetrie allmählich verdrängte. Das erste Modell des zur Ausmessung dienenden Gerätes, der Pulfrich-Zeiss'sche Stereokomparator, wurde 1901 ausgeführt.

*

Knapp zehn Jahre später gelang es Eduard Ritter von Orel mit dem Stereographen das punktweise Zeichnen durch eine automatische Auswertung zu ersetzen. Am 13. Februar 1911 hat der Erfinder das erstmal in der Öffentlichkeit in einem Vortrage das Gerät erläutert und damit der praktischen Anwendung übergeben. Von Orel erläuterte die theoretischen Grundlagen seiner Erfindung und die praktische Verwendungsmöglichkeit. Der Vortrag fand in der Universität in Wien statt. Welche Bedeutung man damals schon diesem Gerät zusprach, geht aus den Worten von Prof. Brückner hervor, mit denen dieser dem Vortragenden dankte und die Sitzung schloß:

„Wir stehen hier vor einer Erfindung, deren Wirkungen sich noch gar nicht absehen lassen, die berufen ist, eine Umwälzung im ganzen Kartenwesen, ja in der Meßkunst überhaupt hervorzurufen, und wir können Oberleutnant von Orel zu seinen glänzenden Erfolgen von ganzem Herzen Glück wünschen.“

Heute, nach 30 Jahren, wissen wir, daß die Hoffnung seinerzeit nicht enttäuscht worden ist, daß tatsächlich die Photogrammetrie große Änderungen der Verfahren der Vermessungstechnik gebracht hat. Daß dies so gekommen ist, daran ist die Erfindung von Orels mit in ganz bedeutendem Maße beteiligt. Der erste Stereograph wurde im gleichen Jahre vor der Firma Carl Zeiss der Praxis übergeben, die auch den weiteren Bau und die Weiterentwicklung des Gerätes mit großem Erfolg durchgeführt hat.

*

Im Jahre 1915 hatte Dr. Max Gasser seine Erfindungen eingereicht, auf deren Grundlage er 1916 seinen Doppelprojektor baute. Dieses Gerät dient zur räumlichen Ausmessung von Senkrechtbildpaaren aus der Luft für Zwecke der topographischen Kartenherstellung. Damit hat Dr. Gasser das erste stereoskopische Ausmeßgerät für die Ausmessung von Luftaufnahmen geschaffen. Da der Doppelprojektor Dr. Gasser das erste Ausmeßgerät für Luftaufnahmen in der ganzen Welt ist, so hat das Deutsche Museum in München auf Grund einer Stiftung der Firma Zeiss-Aerograph G. m. b. H., Jena, einen Doppelprojektor in seinen Museumsräumen aufgestellt. Ein weiteres Gerät befindet sich in Berlin bei der Hansa-Luftbild. Im Laufe der Weiterentwicklung der Gasserschen Erfindung und des Doppelprojektors hat die Firma Zeiss in Jena den Aeroprojektor Multiplex konstruiert. Der Multiplex wird heute nicht nur in Deutschland, sondern in allen Kulturstaaten der Erde angewendet. Der Erfinder Dr. Max Gasser lebt heute in München, und wir wünschen ihm, daß er noch recht viele Jahre in guter Gesundheit die großen Erfolge der Luftbildmessung, an denen er durch seine Erfindung zweifellos hervorragend beteiligt ist, miterleben kann.

Professor Gast und Professor Fritz †

Während der Drucklegung dieses Heftes kam die Nachricht vom Tode zweier verdienter Hochschullehrer, Professor Dr.-Ing. Paul Gast, ord. em. Professor an der Technischen Hochschule Hannover, gestorben im August 1941 in Innsbruck, und Professor Dr.-Ing. Leo Fritz, ord. öc. Professor an der Technischen Hochschule Stuttgart, gefallen als Major und Kommandeur einer Heeres-Vermessungsabteilung im Osten Ende August 1941. Die Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie betrauert den Tod dieser Männer aufs tiefste.

Das nächste Heft (Dezember) wird eine ausführliche Würdigung ihrer Lebensarbeit bringen.



Verlangen Sie bitte den ausführlichen

Prospekt Nr. 418

„Vermessungstechnisches Schrifttum“

- Inhalt:*
- 1. Aus der Praxis der Vermessungstechnik*
 - 2. Vermessungsanweisungen, Verordnungen, Erlasse usw.*
 - 3. Photogrammetrie*
 - 4. Kartographie — Geländekunde*
 - 5. Rechtliches*
 - 6. Tafelwerke*
 - 7. Verschiedenes*

Herbert Wichmann, Berlin-Grünwald

60

Albrecht

Deutsches Schrifttum über Bildmessung und Luftbildwesen.

Herausgegeben von der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie e. V., Berlin, unter Leitung von Prof. Dr.-Ing. L a c m a n n der Technischen Hochschule, Berlin. Ein Nachweis, nach Gebieten und Verfassern geordnet, einschließlich deutscher und österreichischer Patentschriften. 160 Seiten stark, Format DIN B 5, mit etwa 2500 Angaben in Halbleinenband **7.50 RM**

Finsterwalder, R.

Gebirgskartographie, Alpenvereinskartographie und die ihr dienenden Methoden. Das Werk unterrichtet Geodäten, Geographen, Militärs und andere kartographisch interessierte Kreise über die Entwicklung, die Arbeitsweise und den Stand der Gebirgskartographie. Mit Beiträgen von Ing. F. Ebster, Innsbruck; Dr. Karl Finsterwalder, Innsbruck; Geheimrat Prof. Sebastian Finsterwalder, München; Prof. O. v. Gruber, Jena, und Privatdozent Wilhelm Kuny, Stuttgart. Sammlung Wichmann, Band 3, 88 Seiten, Format DIN B 5, mit 19 Abbildungen und Kartenbeilagen, in Preßspandekel gebunden **4.00 RM**

Photogrammetrie.

Eine Einführung in das Gesamtgebiet der Photogrammetrie: der Erd- und besonders der Luftbildmessung, einschließlich der Entzerrung. Mit 103 Abbildungen und 17 Tabellen, Oktavformat gebunden **14.00 RM**

Finsterwalder, S.

Photogrammetrische Aufsätze, Festschrift zum 75. Geburtstage.

Sie enthält dreizehn der wichtigsten und heute noch gültigen, grundlegenden Arbeiten des Gelehrten für die Photogrammetrie und die Landmessung, die bisher zerstreut und schwer zugänglich waren, nebst einer Einleitung von Professor O. v. Gruber, Jena, der die Lebensarbeit des Gelehrten würdigt.

208 Seiten, Format DIN B 5, mit 25 Abbildungen, in Halbleinenband **6.00 RM**

Lüscher

Kartieren nach Luftbildern. Eine Zusammenstellung und Erklärung der wichtigsten, mit einfachen Mitteln durchzuführenden Verfahren und Geräte der Bildauswertung zur Verbesserung und Neuherstellung von Karten. Mit 113 Abbildungen und Zeichnungen im Text und auf Tafeln in Leinenband **6.00 RM**

Schwidefsky

Einführung in die Luft- und Erdbildmessung. Zweite, erweiterte und verbesserte Auflage. Mit 73 Abbildungen, 2 schwarzen und 2 farbigen Tafeln, 2 Stereobildern und 1 farbigen Brille. In Ganzleinen gebunden **8.00 RM**

Herbert Wichmann, Berlin-Grünwald