

Paper-ID: VGI_195713



Beitrag zur numerischen und graphischen Auswertung von Luftbildern

Karl Killian ¹

¹ *Wien*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen **45** (4), S. 115–123

1957

Bib_TE_X:

```
@ARTICLE{Killian_VGI_195713,  
Title = {Beitrag zur numerischen und graphischen Auswertung von Luftbildern},  
Author = {Killian, Karl},  
Journal = {{\0}sterreichische Zeitschrift f{"u}r Vermessungswesen},  
Pages = {115--123},  
Number = {4},  
Year = {1957},  
Volume = {45}  
}
```



und Wissenschaft, um unsere Verantwortung und um unseren Anteil an der Entwicklung der Technik und Kultur.

Diese Mitteilungen sollen nur einen Überblick darüber geben, welche Auffassungen sich in einem bestimmten Land und unter bestimmten Voraussetzungen in der täglichen Beschäftigung mit dem amtlichen Vermessungswesen bilden konnten. In einem anderen Lande und unter anderen Voraussetzungen werden wohl wieder andere Auffassungen entstehen. Die Verschiedenartigkeit regt aber zu Vergleichen an und erweitert die Übersicht. Ich danke Ihnen, so eine Vergleichsmöglichkeit aus der Schweiz angehört zu haben.

Beitrag zur numerischen und graphischen Auswertung von Luftbildern

Von Dipl.-Ing. K. Killian

Inhalt: Unter I a) wird angenommen, daß in einem Luftbild eines hinreichend ebenen Geländes vier Festpunkte identifiziert werden können. Zur Auswertung wird ein rechnerisches, ein halbgraphisches und ein graphisches Verfahren angegeben. Unter I b) wird eine punktweise Auswertung eines unebenen Geländes aus stereoskopischen Komparatormessungen beschrieben.

Unter II a) bzw. II b) wird angenommen, daß in einem Luftbild eines hinreichend ebenen bzw. unebenen Geländes vier Festpunkte identifiziert werden können. Für das unebene Gelände werden nicht nur die Höhenunterschiede der vier Festpunkte, sondern auch die aller auszuwertenden Punkte vorausgesetzt. (Verdichtung des Festpunktnetzes und Katastervermessung.)

I a) Setzt man hinreichend ebenes Gelände voraus, so bilden Luftbild und Karte bekanntlich zwei kollineare Felder. Von dieser geometrischen Eigenschaft allein ausgehend sind graphische und rechnerische Verfahren entwickelt worden, die die Übertragung von Punkten der einen Ebene in die andere Ebene zum Ziele haben. Bekanntlich ist die kollineare Beziehung zweier Ebenen vollständig bestimmt durch vier sich entsprechende Punktepaare, sobald keine drei der gegebenen Punkte in einer Geraden liegen. Weitere Punkte können sodann aus einer Ebene in die andere auf eindeutige Weise übertragen werden (Vierpunktverfahren), und zwar entweder graphisch (Papierstreifenmethode, Möbius-Netz) oder rechnerisch. Bei den letzteren kann man von den bekannten linear gebrochenen Transformationsgleichungen ausgehen, zu deren Konstantenbestimmung die Koordinaten der vier gegebenen Punktepaare hinreichend und notwendig sind; ein Weg, der oft empfohlen wurde, der aber sehr umständlich ist im Vergleich zur Lösung mit homogenen projektiven Koordinaten (eine andere einfache Lösung siehe unter II a) Gln. (11)). Diese Koordinaten, auch Dreieckskoordinaten genannt, wurden von Möbius in die Geometrie eingeführt, und heute haben sie in der projektiven und analytischen Geometrie eine große Bedeutung erlangt. In der praktischen Photogrammetrie sowie in der Geodäsie haben sie mit Unrecht fast keinen Eingang gefunden. H. v. Sanden [7] verwendet in seiner Dissertation Flächen-Koordinaten. Näbauer [6] erwähnt dieselben. Im Heft 1, 1957 dieser Zeitschrift hat Wunderlich [9] eine sehr an-

schauliche Ableitung und eine Darstellung der Vorteile der den homogenen projektiven Koordinaten wesensgleichen Flächen-Koordinaten gegeben. Zur einfachen Koordinatenmessung und Auftragung der Punkte führt er rechtwinkelige Koordinaten ein.

Zunächst wird in Ergänzung dieser genannten Arbeit dieselbe Aufgabe ebenfalls mit homogenen projektiven Koordinaten gelöst, jedoch ohne Einführung von rechtwinkligen Koordinaten, wodurch die numerischen Rechnungen vereinfacht, die Messung der Koordinaten und die Auftragung der Punkte jedoch erschwert werden. Verfahren zur Vereinfachung dieser Auftragung werden zum Vorschlag gebracht.

Drei der vier gegebenen Punktepaare wählen wir als Ecken der sog. Fundamentaldreiecke der Bild- und Kartenebene: $1', 2', 3'$ bzw. $1, 2, 3$. Das vierte Punktepaar $4', 4$ nennt man Einheitspunkte dieser Ebenen (Fig. 1). Die senkrechten Abstände der Einheitspunkte von den Seiten der Fundamentaldreiecke sind e_1', e_2', e_3' bzw. e_1, e_2, e_3 . (Die Indizes dieser Strecken entsprechen den gegenüberliegenden Eckpunkten.) P' ist ein beliebiger Punkt

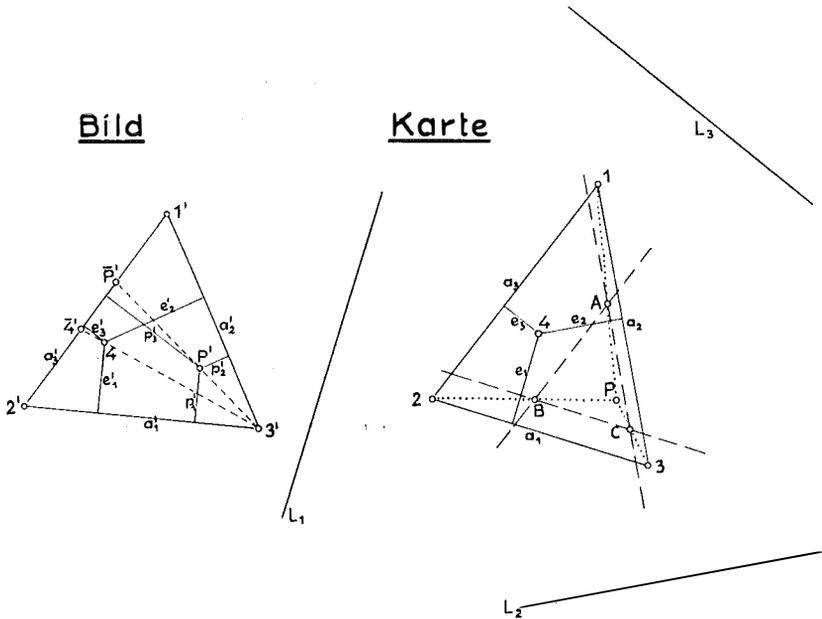


Fig. 1

der Bildebene. Seine senkrechten Abstände von den Seiten des Fundamentaldreieckes sind p_1', p_2', p_3' . Zwei dieser senkrechten Abstände bestimmen eindeutig den Punkt P' und könnten daher als Koordinaten dieses Punktes eingeführt werden. Wir beachten auch den dritten senkrechten Abstand, dividieren die Abstände der Reihe nach durch e_1', e_2', e_3' und erhalten somit die projektiven homogenen Koordinaten der Bildebene und auf analoge Weise die der Kartenebene:

$$x_1' = \frac{p_1'}{e_1'}, \quad x_2' = \frac{p_2'}{e_2'}, \quad x_3' = \frac{p_3'}{e_3'} \quad \dots \quad (1)$$

$$x_1 = \frac{p_1}{e_1} \quad , \quad x_2 = \frac{p_2}{e_2} \quad , \quad x_3 = \frac{p_3}{e_3} \quad . . . \quad (2)$$

Diese Koordinaten sind somit Zahlen, die sich ergeben, wenn man die senkrechten Abstände des Punktes P' bzw. P in Einheiten der entsprechenden Abstände der Einheitspunkte ausdrückt. Die projektiven homogenen Koordinaten haben die Eigenschaft, daß: $x_1' : x_2'$ gleich ist dem folgenden Doppelverhältnis λ der vier Strahlen: $3'1'$, $3'2'$, $3'4'$, $3'\bar{P}'$

$$\lambda = \frac{1'\bar{4}'}{2'\bar{4}'} : \frac{1'\bar{P}'}{2'\bar{P}'}$$

Multipliziert man nämlich die beiden Teilverhältnisse je mit $2'\bar{P}' : 1'\bar{4}'$, so folgt:

$$\lambda = \frac{1'\bar{4}'}{2'\bar{4}'} \cdot \left(\frac{2'\bar{P}'}{1'\bar{4}'} \right) : \frac{1'\bar{P}'}{2'\bar{P}'} \left(\frac{2'\bar{P}'}{1'\bar{4}'} \right) = \frac{2'\bar{P}'}{2'\bar{4}'} : \frac{1'\bar{P}'}{1'\bar{4}'}$$

Bezeichnet man ferner die senkrechten Abstände der Punkte $\bar{4}'$ und \bar{P}' von den Seiten $2'$, $3'$, und $3'$, $1'$ mit \bar{e}_1' und \bar{e}_2' bzw. \bar{p}_1' und \bar{p}_2' , so ergibt sich infolge ähnlicher Dreiecke:

$$\lambda = \frac{2'\bar{P}'}{2'\bar{4}'} : \frac{1'\bar{P}'}{1'\bar{4}'} = \frac{\bar{p}_1'}{e_1'} : \frac{\bar{p}_2'}{e_2'}$$

Aus ähnlichen Dreiecken folgt ferner:

$$e_1' : e_2' = \bar{e}_1' : \bar{e}_2' \quad , \quad p_1' : p_2' = \bar{p}_1' : \bar{p}_2'$$

und eine einfache Umformung ergibt:

$$\lambda = \frac{p_1'}{e_1'} : \frac{p_2'}{e_2'} = x_1' : x_2' \quad . . . \quad (3)$$

Da Doppelverhältnisse gegenüber der Operation des Projizierens invariant sind, folgt:

$$x_1' : x_2' = x_1 : x_2$$

und da für x_3' und x_3 das Analoge gilt, folgt

$$x_1' : x_2' : x_3' = x_1 : x_2 : x_3 \quad . . . \quad (4)$$

Man erkennt, daß die Gln. (4) befriedigt werden durch

$$x_1 = \rho x_1' \quad , \quad x_2 = \rho x_2' \quad , \quad x_3 = \rho x_3' \quad . . . \quad (5)$$

wobei ρ ein Proportionalitätsfehler ist. Aus den Gln. (1), (2) und (5) folgt

$$\frac{p_1}{e_1} = \rho \frac{p_1'}{e_1'} \quad , \quad \frac{p_2}{e_2} = \rho \frac{p_2'}{e_2'} \quad , \quad \frac{p_3}{e_3} = \rho \frac{p_3'}{e_3'}$$

Setzt man $e_1 : e_1' = k_1$, $e_2 : e_2' = k_2$, $e_3 : e_3' = k_3$

$$\text{so folgt: } \frac{p_1}{\rho} = k_1 p_1' \quad , \quad \frac{p_2}{\rho} = k_2 p_2' \quad , \quad \frac{p_3}{\rho} = k_3 p_3' \quad . . . \quad (6)$$

Die in den Gln. (6) vorkommenden Größen: e_1', e_2', e_3' und p_1', p_2', p_3' werden auf den Komparator direkt gemessen. Die Größen e_1, e_2, e_3 werden berechnet oder auf der Karte gemessen. Zur Auftragung der gesuchten Kartenpunkte etwa mittels der unter dem halbgraphischen Verfahren beschriebenen Einrichtung oder mittels eines Koordinatographen (Ziehen von Geraden parallel zu den Seiten des Fundamentaldreiecks) benötigt man die Strecken p_1, p_2, p_3 . Es ist daher ρ zu berechnen:

Bezeichnet man die Seiten des Fundamentaldreiecks der Karte mit a_1, a_2, a_3 , so ist der doppelte Flächeninhalt desselben

$$2 F = a_1 e_1 + a_2 e_2 + a_3 e_3 \quad . . . \quad (7)$$

$$2 F = a_1 p_1 + a_2 p_2 + a_3 p_3 \quad . . . \quad (8)$$

Führt man aus den Gln. (6) die Größen p_1', p_2', p_3' ein, so folgt:

$$\rho = \frac{2 F}{a_1 k_1 p_1' + a_2 k_2 p_2' + a_3 k_3 p_3'} \quad . . . \quad (9)$$

Nach den drei ersten Gln. der Gln. (6) berechnet man k_1, k_2, k_3 und nach Gl. (7) $2 F$. Gl. (8) dient als Kontrolle. Die Berechnung mit gewöhnlichen Rechenmaschinen geschieht zweckmäßig mit einer Tabelle, in der die drei gemessenen Größen p_1', p_2', p_3' der Bildpunkte untereinander geschrieben werden.

Ein halbgraphisches und ein graphisches Verfahren zur Übertragung von Punkten des Bildes in die Karte ergeben sich aus den Gln. (6), die besagen, daß die Strecken p_1, p_2, p_3 bis auf einen Proportionalitätsfaktor ρ sehr einfach bestimmt werden können. Beim halbgraphischen Verfahren werden die Strecken $p_1 : \rho, p_2 : \rho, p_3 : \rho$ berechnet, und in diesen Abständen werden Parallele zu den entsprechenden Seiten des Fundamentaldreiecks gezogen (Fig. 1, Karte). Die Schnittpunkte der Parallelen ergeben das Dreieck A, B, C . Infolge des konstanten Faktors ρ ist dieses Dreieck zum Fundamentaldreieck ähnlich gelegen. Die Geraden durch 1, A ; 2, B und 3, C schneiden sich daher in einem Punkt, dem gesuchten Kartenpunkt P . Dieser Punkt wird im allgemeinen umso genauer bestimmt, je kleiner das Dreieck A, B, C ausfällt. Besonders für Aufnahmen mit großen Nadirdistanzen und dann, wenn viele Punkte zu übertragen sind, wird man wenigstens geschätzte ρ -Werte verwenden. Zur Abschätzung von ρ ist es bemerkenswert, daß die geometrischen Örter gleicher ρ -Werte parallele Gerade sind. Schreibt man nämlich die Gl. (9) in der Form:

$$K_1 p_1' + K_2 p_2' + K_3 p_3' = \frac{2 F}{\rho}$$

und drückt man den doppelten Flächeninhalt $2 F'$ des Fundamentaldreiecks 1', 2', 3' in folgender Form aus:

$$a_1' p_1' + a_2' p_2' + a_3' p_3' = 2 F'$$

so ergibt die Elimination von p_3' die Gl. einer Geraden, wenn man $\rho = \text{const.}$ setzt.

Zur praktischen Durchführung des halbgraphischen Verfahrens wird folgende Einrichtung zum Vorschlag gebracht: Drei Lineale L_1, L_2, L_3 (Fig. 1), die je normal zu einer Seite des Fundamentaldreiecks gerichtet sind, sind festgeschraubt. Ein rechtwinkeliges Kunststoffdreieck, das der Reihe nach an diese Lineale angelegt wird, gestattet das Ziehen von Parallelen zu den Seiten 2, 3; 3, 1; 1, 2. Die Lineale sind mit Millimeterteilungen versehen. Das Kunststoffdreieck trägt ein Nonius-Plättchen. Die für jeden Punkt erforderlichen Bleistiftlinien werden nach Pikieren und Beschreiben des Punktes (mit Tusche) wegradiert.

Ein rein graphisches Verfahren ergibt sich, wenn man drei Reduktionszirkel zur Verfügung hat. Die Schenkellängen dieser werden nach den Verhältnissen k_1, k_2, k_3 am besten versuchsweise eingestellt. Greift man so dann mit den entsprechenden Spitzen dieser Zirkel die Strecken p_1', p_2', p_3' ab, so ergeben die Spitzenabstände der anderen Zirkelseiten die Größen $p_1/\rho, p_2/\rho, p_3/\rho$. Zur raschen Handhabung der Reduktionszirkel werden auf diesen z. B. eine, zwei und drei Farbmaken angebracht, und zwar bei allen Zirkeln auf jenen Schenkeln, die zum Abgreifen von Punkten des Luftbildes dienen.

Besonders das halbgraphische und auch das graphische Verfahren liefern bedeutend genauere Ergebnisse als das bekannte Papierstreifenverfahren, und außerdem sind erstere Verfahren viel übersichtlicher als letzteres. Handelt es sich um die Übertragung vieler Punkte, so erfordern sie auch nicht mehr Zeit als das Papierstreifenverfahren. Die dabei auftretenden unvermeidlichen Zeichenfehler entsprechen oft ihrer Größe nach den ohnehin durch kleine Höhenunterschiede verursachten Fehlern. Dies ist z. B. bei einem Kartenmaßstab 1:5000 schon bei 10 m Höhenunterschied sicher der Fall, wenn die auszuwertenden Punkte fern vom Hauptpunkt liegen.

I b) Die projektiven Transformationen von Luftbildern können auch zur punktweisen rechnerischen Auswertung eines unebenen Geländes verwendet werden: Auf einem Stereokomparator werden die Bildkoordinaten entsprechender Bildpunkte gemessen. Die Nadirpunktkoordinaten, Aufnahmerichtungen und Flughöhen der Luftbilder werden berechnet [4]. Letzteren in bezug auf eine passend gewählte Horizontalebene. Dann berechnet man z. B. nach [9] oder nach Gl. (11) aus den Bildkoordinaten die Kartenkoordinaten, und zwar bezogen auf die genannte Horizontalebene. Die Schnittpunkte je zweier entsprechender durch die Kartennadire gehenden Geraden schneiden sich bekanntlich in den Grundrissen der gesuchten Punkte. Ihre Koordinaten und Höhenunterschiede können einfach berechnet werden. Da die Höhenunterschiede von beiden Standpunkten aus berechnet werden, ergibt sich eine wertvolle Kontrolle für die Orientierung, Messung und Rechnung. Die älteste Auswertung von Luftbildern [2] ist in geometrischer Hinsicht mit dem geschilderten Verfahren identisch.

Wenn man von physikalischen Methoden zur Bestimmung der Lotrichtung absieht, ist der Anschluß eines dritten Bildes dann einfach und verhältnismäßig genau möglich, wenn auf diesem Bild wenigstens ein Festpunkt

abgebildet ist, der fern liegt vom dreifach überdeckten Bildstreifen. Zur Bestimmung von Nadirpunkt, Aufnahmerichtung und Flughöhe des dritten Bildes können dann drei ausgewertete Punkte und der Festpunkt verwendet werden [4]. Dasselbe gilt für den Anschluß weiterer Bilder. Ist auf dem anschließenden Bild kein Festpunkt abgebildet, so wird man etwa nach dem Verfahren von O. v. Gruber vorgehen [3].

Seit den Anfängen der Photogrammetrie ist es bekannt, daß die numerische und ebenso die optisch-mechanische Auswertung eine ganz erhebliche Vereinfachung erfahren würden, wenn es gelänge, durch Umphotographie von Senkrechtaufnahmen „genaue“ vertikal gerichtete Aufnahmen zu erzeugen, d. h. wenn man durch Umphotographie der Luftbilder Bilder herstellen könnte, deren Nadirpunkte mit den Hauptpunkten bis auf unvermeidliche Fehler in den gerechneten Nadirpunkten übereinstimmen. Handelt es sich aber um die Erreichung höchster Genauigkeit, so ist, selbst auch mit den heutigen Mitteln, ein vorhergehendes Umphotographieren sehr in Frage gestellt.

II a) Zunächst setzen wir wieder hinreichend ebenes Gelände voraus. Unter I a) wurde nur die Eigenschaft der Kollineation beachtet, d. h. die innere Orientierung der Kamera wurde negiert. Im allgemeinen ist jedoch in der Luftbildmessung die innere Orientierung bekannt und damit ist außer der kollinearen Beziehung noch eine weitere gegeben, nämlich die, daß im Moment der Aufnahme Luftbild und Gelände eine perspektive Lage aufgewiesen haben, deren Zentrum in bezug auf das Luftbild bekannt ist. Beachtet man diese geometrische Beziehung, so ergeben sich sehr einfache Abbildungsgleichungen, für rechtwinkelige Bild- und Kartenkoordinaten. Diese Gln. ergeben sich aus den im ersten Absatz unter I a) genannten linearen gebrochenen Transformations-Gln., und zwar durch eine spezielle Lage des Bildkoordinatensystems ξ, η und des Kartenkoordinatensystems u, v : Den Ursprung des ξ, η - bzw. u, v -Systems legen wir in den Bild- bzw. Kartenadir und die η - bzw. v -Achse lassen wir mit den Blickrichtungen im Bild bzw. in der Karte zusammenfallen.

Die sodann entstehenden einfachen Abbildungsgleichungen sind in der Literatur über Luftbildmessung nur wenig beachtet worden, obwohl sie für manche Belange nützlich sind. Sie gewinnen an Wert durch einfache Verfahren zur Bestimmung der Nadirpunkte [4] [5]. B a c h m a n n [1] schrieb diese Abbildungsgln. in Vektorform. S u t o r [8] zerlegte die Vektoren in Komponenten und kam auf eine für seine Aufgabe notwendige allgemeinere Form.

Aus Fig. 2 können die genannten Abbildungsgln. abgelesen werden, wenn man die Ähnlichkeit der Dreiecke O, N, P und $O, 1, P'$ (Seitenriß) bzw. O, N, P und $O, 2, P'$ (Aufriß) beachtet:

$$\begin{aligned} u &= h \frac{\overline{P' 1}}{\overline{1 O}} = h \frac{\xi}{s - \eta \sin \nu} \\ v &= h \frac{\overline{P' 2}}{\overline{2 O}} = h \frac{\eta \cos \nu}{s - \eta \sin \nu} \quad \text{wobei } s = \frac{f}{\cos \nu}. \end{aligned} \quad \dots \quad (10)$$

Die Verwendung dieser Gln. setzt voraus: die Nadirpunkte N' und N und die Flughöhe h . Die Größen ξ und η werden gemessen. Die Nadirpunkte und die Flughöhen können dann nach [4] A) a) oder einfacher nach [5] Aufg. A) bestimmt werden. In diesem Fall berechnet man zuerst die Lage des Bildhorizontes und ν , sodann mißt man die Koordinaten ξ , η von mindestens zwei Bildpunkten und berechnet mit einer geschätzten Flughöhe h_s nach Gln. (10) die Koordinaten u , v der entsprechenden Kartenpunkte. Ergeben sich die Entfernungen der so bestimmten Punkte z. B. zu klein gegenüber den Entfernungen der gegebenen entsprechenden Kartenpunkte, so ist h_s im Verhältnis dieser Entfernungen zu vergrößern, um h_o zu erhalten. Kartennadir und Blickrichtung in der Karte ergeben sich als Ursprung des u , v -Systems bzw. als v -Achse.

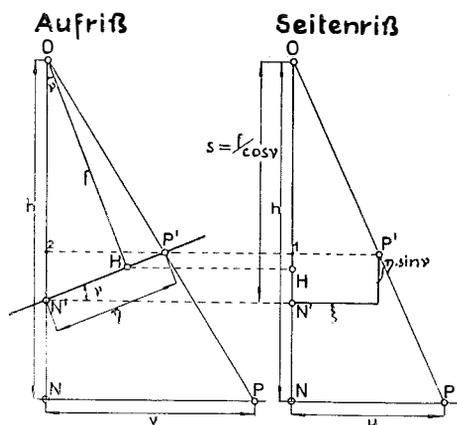


Fig. 2

Wir betrachten noch eine andere spezielle Lage des Koordinatensystems: Den Ursprung des Bild- und Kartenkoordinatensystems legen wir in den Fokalphunkt des Bildes bzw. der Karte, und die entsprechenden Achsen lassen wir wieder mit den Blickrichtungen zusammenfallen. Bezeichnen wir dann die Bild- bzw. Kartenkoordinaten mit ξ' , η' bzw. mit u' , v' , so bestehen die Abbildungsgleichungen

$$u' = h \frac{\xi'}{f - \eta' \sin \nu} \quad , \quad v' = h \frac{\eta'}{f - \eta' \sin \nu} \quad . . . \quad (11)$$

oder, wenn man Zähler und Nenner durch $\sin \nu$ dividiert und die Konstanten zusammenzieht:

$$u' = a \frac{\xi'}{b - \eta'} \quad , \quad v' = a \frac{\eta'}{b - \eta'} \quad . . \quad (11a)$$

Diese Gln. finden sich z. B. in O. v. G r u b e r [3] S. 26 und 27 abgeleitet. Sie sind für die Transformation von Bildpunkten eines ebenen Geländes zweckmäßig. Zur Verwendung der Gln. (11) bzw. (11a) benötigt man die Fokalphunkte, die man nach Bestimmung der Nadirpunkte [5] Aufgabe A bekanntlich sehr einfach finden kann.

Vergleicht man die unter Ia) beschriebenen Verfahren zur Auswertung hinreichend ebenen Geländes mit den beiden soeben angeführten Verfahren, so erkennt man, daß erstere Verfahren dann zweckmäßiger verwendbar sind, wenn entsprechend wenige Punkte auszuwerten sind; denn für diese Verfahren entfällt die Berechnung der Nadirpunkte.

II b) Vergleicht man ferner die Gln. (10) mit den Gln. (11) bzw. Gln. (11a), so sieht man einen Vorteil der ersteren Gln.: sie bleiben auch dann einfach verwendbar, wenn die Höhenunterschiede der auszuwertenden Punkte beliebig groß sind; die Höhenunterschiede müssen jedoch bekannt sein (die Gln. (11) bzw. Gln. (11a) verändern mit der Höhe den Ursprung des u', v' -Systems). Ist h_o die berechnete Flughöhe [4], bezogen auf eine horizontale Ebene e , die z. B. durch einen der vier gegebenen Punkte geht, so ist die für die Gln. (10) erforderliche Höhe: $h = h_o - \Delta h$, wobei Δh die Höhe (bezogen auf die Ebene e) der auszuwertenden Punkte ist.

Diese Tatsache führt zu einem Verfahren, das für die Praxis insoferne von Bedeutung sein wird, als außer den vier Festpunkten nur Höhenunterschiede der auszuwertenden Punkte gebraucht werden. Höhenunterschiede können bekanntlich im allgemeinen verhältnismäßig einfach bestimmt werden, und zwar für Katastervermessung und zur Verdichtung des Festpunktnetzes: technische Nivellements und tachymetrische Höhenzüge (= optische „Polygonzüge“ ohne Horizontalwinkelmessung); für topographische Karten: barometrische Höhenmessung; für generelle Vermessungen: Hochfrequenzentfernungsmessung zu Bodenpunkten und Statoskop im Flugzeug.

Die Gln. (10) nehmen eine besonders einfache Form an, wenn man die unter I b) genannte Umphotographie vornimmt. Setzt man also in diesen Gln. $\nu = 0$, so erhält man die bekannten Beziehungen

$$u = \frac{h}{f} \xi \quad , \quad v = \frac{h}{f} \eta \quad . . . \quad (12)$$

Bezüglich der Verwendung umphotographierter Bilder gilt das unter I b) Gesagte.

Würde man zur Berechnung von u und v vorerst die auf eine horizontale Bildebene reduzierten Koordinaten berechnen, so würde man, im Vergleich zur Verwendung der Gln. (1c), einen Umweg machen.

Die Berechnung von u und v (Gl. 10) erfolgt zweckmäßig mit Hilfe folgender Tabelle:

$$\begin{array}{l} \nu = \dots \quad \sin \nu = \dots \\ h_o = \dots \quad \cos \nu = \dots \end{array} \quad s = \frac{f}{\cos \nu} = \dots$$

Punkt Nr.	Δh $h = h_o - \Delta h$	ξ η	$\eta \sin \nu$ $\eta \cos \nu$	$s - \eta \sin \nu$	u v

Literatur:

- [1] *Bachmann W. K.*: „Calcul de la déformation de limage plastique . . .“ Publication 19, Lausanne 1951.
- [2] *Finsterwalder S.*: „Über die Konstruktion von Höhenkarten aus Ballonaufnahmen“, Sitzungsber. d. bayr. Akad. d. Wiss. 1900, Bd. XXX.
- [3] *v. Gruber O.*: „Ferienkurs für Photogrammetrie“, Verl. K. Wittwer, 1930.
- [4] *Killian K.*: „Über das Rückwärtseinschneiden im Raum“, Ö. Z. f. V. 1955, Nr. 6.
- [5] *Killian K.*: „Beitrag zur geometrischen Bestimmung der Lotrichtung in der Luftbildmessung“, Ö. Z. f. V. 1956, Nr. 2 u. 3.
- [6] *Näbauer M.*: „Projektives Vorwärtseinschneiden mit Koordinatenberechnung“, Mitt. d. Reichsamtes f. Landesauf. 1942.
- [7] *v. Sanden H.*: „Bestimmung der Kernpunkte in der Photogrammetrie“, Diss. Göttingen 1908.
- [8] *Sutor J.*: „Neue einfache Verfahren der Auswertung und Triangulation von Senkrechtaufnahmen flachen Geländes“, Allgem. Verm.-Nachr. 1952, Nr. 12.
- [9] *Wunderlich W.*: „Zur rechnerischen Durchführung des Vierpunktverfahrens“, Ö. Z. f. V. 1957, Nr. 1.

Die Vermessungsaufgaben beim Bau des Donaukraftwerkes Jochenstein und ihre Lösung

Von Dr. W. Lerche, Jochenstein

1. Einleitung

Es ist für den Vermessungsingenieur außerordentlich interessant, den projektierenden und den ausführenden Bauingenieur bei der Lösung von großen Bauvorhaben zu unterstützen. In jedem Sektor des Bauingenieurberufes wird der Vermessungsingenieur vor neue Aufgaben gestellt, die außerdem in der Regel in jedem einzelnen Falle in veränderter Gestalt in Erscheinung treten. Von einem ganz besonderen Glück aber kann nach Ansicht des Verfassers der mit der Leitung der Vermessungsarbeiten betraute Ingenieur beim Bau eines Großkraftwerkes im Gebirge oder an einem Flußlauf erster Ordnung sprechen, denn gerade in diesen Fällen ist eine erstaunliche Vielfalt von interessanten Aufgaben zu lösen, wobei noch zu beachten ist, daß dabei nicht die Tatsache der Lösung allein ausreicht, sondern größter Wert auf eine zeitgerechte, rationelle und bezüglich der Genauigkeit auf den jeweiligen Zweck abgestimmte Lösung gelegt wird.

Im folgenden sollen die besonderen Aufgaben beim Bau des Donaukraftwerkes Jochenstein besprochen werden. Die Gründe, die den Verfasser zu dieser Veröffentlichung veranlaßt haben, sind von mehrfacher Art:

Erstens erachtet er es als seine Pflicht, als leitender Vermessungsingenieur des ersten fertiggestellten Donaukraftwerkes auf österreichischem Boden über die aus der Praxis gewonnenen Erfahrungen zu berichten, um sie dadurch den Kollegen beim Bau von weiteren im Bau befindlichen oder geplanten Kraftwerken zugänglich zu machen.

Zweitens soll mit dieser Abhandlung allen Lesern der „Österreichischen Zeitschrift für Vermessungswesen“ und damit allen österreichischen Vermessungs-