

# Erweiterung des graphischen Einpassens von Luftaufnahmen auf den Fall eines vorliegenden Widerspruches [Schluss]

Autor(en): **Krames Josef**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie = Revue technique suisse des mensurations, du génie rural et de la photogrammétrie**

Band (Jahr): **49 (1951)**

Heft 12

PDF erstellt am: **06.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-208364>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

verteidigen hatte, mit aller Aufmerksamkeit behandelt und auch bei andern Gelegenheiten mit der Kraft desjenigen gefördert, der vom Allgemeinutzen der Werke überzeugt ist. Die Grundbuchvermessungsgeschäfte, mit denen Vermessungsdirektor Baltensperger und später sein Nachfolger den Departementschef bemühen mußten, fanden, soweit sie den mit den übrigen Staatsaufgaben gegebenen Rahmen nicht durchbrachen, bei Bundesrat von Steiger immer den gutgesinnten Vertreter und starken Verteidiger. Wir wollen die Geschäfte, die so eine die Grundbuchvermessung fördernde und die Geometerschaft achtende Behandlung erfuhren, nicht aufzählen. Es sind einige darunter, wie zum Beispiel die Bewilligung der recht hohen Anschaffungskosten für ein zeitgemäßes Vermessungsflugzeug, die ein hohes Maß von Einsicht und vom obersten Chef eine respektable Dosis Vertrauenscredit verlangten.

Bundespräsident von Steiger hat die Gabe, Vertrauen schenken zu können. Und wo er vertraut, gibt er auch Freiheit. Von diesem Vertrauen sind nicht nur seine direkten Untergebenen, sondern auch alle, die an der Grundbuchvermessung arbeiten, begünstigt worden. Es liegt an uns, mit der technisch und rechtlich einwandfreien, gemeinnützigen Betreuung der Grundbuchvermessung, mit Einstehen für Recht und Ordnung zu zeigen, daß die Treffsicherheit im Verteilen von Vertrauen, die man dem scheidenden Magistraten nachrühmt, in unserem Falle bestätigt wurde. Wir danken Herrn Bundespräsident von Steiger herzlich für die Förderung, die er der schweizerischen Grundbuchvermessung und damit auch uns angedeihen ließ.

*Hy.*

## **Erweiterung des graphischen Einpassens von Luftaufnahmen auf den Fall eines vorliegenden Widerspruches**

*Von Josef Krames, Wien*

(Mitteilung aus dem Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen in Wien)

(Mit vier Abbildungen im Text)

(Schluß)

**Nr. 5.** Um das nunmehr erweiterte graphische Verfahren auch für andere Modellformen bequem verwenden zu können, hat man noch die zu beliebigen räumlichen Lagen der sechs Orientierungspunkte gehörigen Konstanten  $A, \dots H$  zu ermitteln. Die hiefür erforderliche Rechenarbeit läßt sich durch geeignete Annahme der Modellkoordinaten beträchtlich abkürzen, u. a. indem man (ähnlich wie beim *Pauwenschen* Verfahren<sup>7</sup>)

---

<sup>7</sup> L.J. Pauwen, Sur un procédé d'orientation relative fondé sur la mesure des parallaxes verticales en de nombreux points, Bulletin de la Société Belge de Photogrammétrie, Bruxelles 1949.

$$\left. \begin{aligned} y_1 = y_2 = 0, \\ y_3 : z_3 = y_4 : z_4 = \text{konst} = -k, \quad y_5 : z_5 = y_6 : z_6 = k, \\ k = \text{tg } \vartheta, \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

voraussetzt, wobei  $\vartheta$  den halben Öffnungswinkel zwischen den durch die Randpunkte gelegten Kernebenen angibt (s. Abb. 1). Ferner werden folgende Abkürzungen eingeführt:

$$\left. \begin{aligned} \text{tg}^2 \vartheta + 1 = \text{sec}^2 \vartheta = \varepsilon, \\ 2 z_1 - \varepsilon z_3 - \varepsilon z_5 = u = (z_1 - \varepsilon z_3) + (z_1 - \varepsilon z_5) \\ 2 z_2 - \varepsilon z_4 - \varepsilon z_6 = v = (z_2 - \varepsilon z_4) + (z_2 - \varepsilon z_6) \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Diese Strecken  $u$  und  $v$  können aus den zur Konstruktion der Grundpunkte verwendeten Zeichnungen (vgl. Abb. 1) ohne weiteres entnommen werden. In Abb. 1 haben  $u_3 = z_1 - \varepsilon z_3$ ,  $u_5 = z_1 - \varepsilon z_5$  sowie  $u = u_3 + u_5$  positives Vorzeichen. Wie ferner an Hand von Abb. 2 leicht zu bestätigen ist, bildet  $u = u_3 + u_5 = 0$  (oder analog  $v = u_4 + u_6 = 0$ ) ein Kennzeichen dafür, daß die innerhalb  $\nu^0 (x=0)$  bzw.  $\nu^b (x=b)$  beobachteten Modellpunkte **1, 3, 5** (bzw. **2, 4, 6**) auf einem (die Basis schneidenden) „gefährlichen Kreis“ liegen.

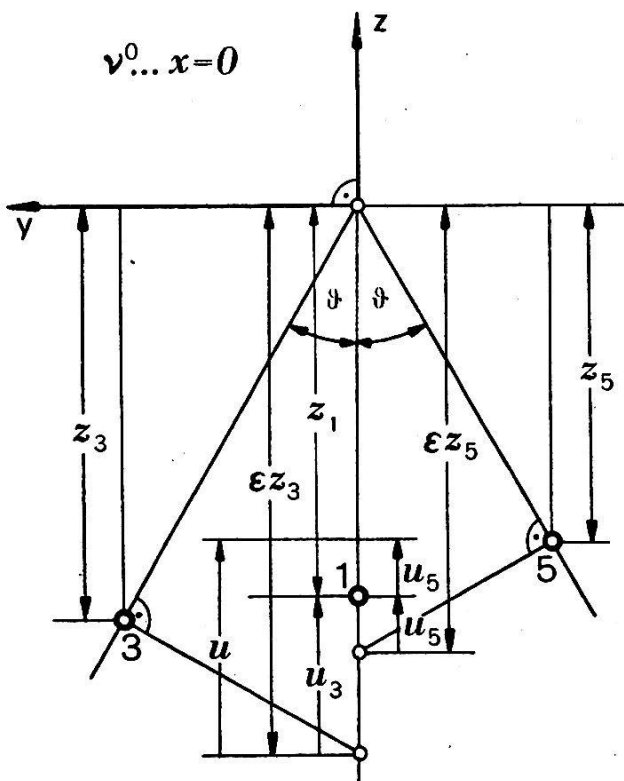


Abb. 1

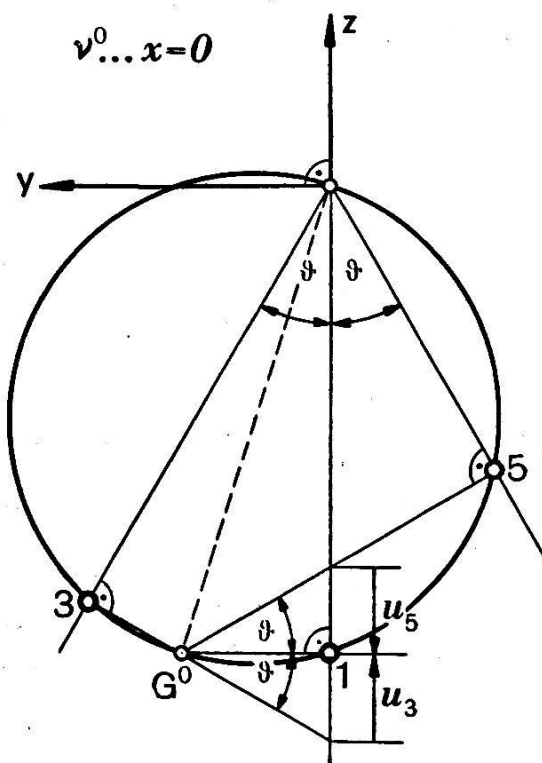


Abb. 2

Für die in Nr. 3 eingeführten Größen  $M^0, M^b, \dots$  ergeben sich jetzt:

$$M^0 = -k z_1 z_3 z_5 (2p_1 - p_3 - p_5),$$

$$M^b = -k z_2 z_4 z_6 (2p_2 - p_4 - p_6),$$

$$N^0 = -k z_1 z_3 z_5 u,$$

$$N^b = -k z_2 z_4 z_6 v,$$

$$U^0 = z_1 z_3 z_5 [(\varepsilon z_3 - \varepsilon z_5) p_1 + (\varepsilon z_5 - z_1) p_3 + (z_1 - \varepsilon z_3) p_5],$$

$$U^b = z_2 z_4 z_6 [(\varepsilon z_4 - \varepsilon z_6) p_2 + (\varepsilon z_6 - z_2) p_4 + (z_2 - \varepsilon z_4) p_6],$$

$$V^0 = k z_1 z_3 z_5 [-\varepsilon (z_3 + z_5) p_1 + z_1 p_3 + z_1 p_5],$$

$$V^b = k z_2 z_4 z_6 [-\varepsilon (z_4 + z_6) p_2 + z_2 p_4 + z_2 p_6].$$

Danach erhalten die gesuchten Faktoren gemäß Gl. (5) und (7) folgende Werte:

**A)** „Winkelverfahren“:

$$a''') \quad A = \frac{1}{2} \frac{u^2 - v^2}{u^2 + v^2},$$

$$b''') \quad B_1 = -\frac{z_4 - z_6}{\sin 2 \vartheta (u^2 + v^2) b} u^2,$$

$$c''') \quad B_2 = \frac{z_3 - z_5}{\sin 2 \vartheta (u^2 + v^2) b} v^2,$$

$$d''') \quad C_1 = \frac{z_2 + \varepsilon z_4 + \varepsilon z_6}{3 b (u^2 + v^2)} u^2,$$

$$e''') \quad C_2 = -\frac{z_1 + \varepsilon z_3 + \varepsilon z_5}{3 b (u^2 + v^2)} v^2,$$

**B)** „Folgebildanschluß“:

$$f''') \quad D = \frac{1}{2} \frac{u^2 - v^2}{u^2 + v^2},$$

$$g''') \quad E = -\frac{(z_3 - z_5) v^2 + (z_4 - z_6) u^2}{\sin 2 \vartheta (u^2 + v^2) b},$$

$$h''') \quad F = \frac{(z_1 + \varepsilon z_3 + \varepsilon z_5) v^2 + (z_2 + \varepsilon z_4 + \varepsilon z_6) u^2}{3 (u^2 + v^2) b},$$

$$i''') \quad G_2 = \frac{z_2 + \varepsilon z_4 + \varepsilon z_6}{3 (u^2 + v^2)} u^2,$$

$$k''') \quad H_2 = \frac{z_4 - z_6}{\sin 2 \vartheta (u^2 + v^2)} u^2.$$

Wird beim Folgebildanschluß die rechte Kammer festgehalten, dann sind in  $f''')$ , ...  $k''')$  die aus den Ebenen  $\nu^a$  und  $\nu^b$  entnommenen Modellkoordinaten und die Strecken  $u, v$  sinngemäß zu vertauschen.

Obige Formeln  $a''')$ , ...  $k''')$  geben sofort Aufschluß über die Abhängigkeit der Faktoren  $A, \dots H$  von der jeweiligen Geländeform. Vor allem gelten folgende einfache Regeln:

**a)** Sind die aus den Ebenen  $\nu^a$  und  $\nu^b$  abgeleiteten Strecken  $u$  und  $v$  einander gleich, dann ist sowohl  $A = 0$  wie auch  $D = 0$ , während die Formeln für die übrigen Faktoren sehr einfache Gestalt annehmen. Diese Relation  $u = v$  bildet eine einfache Bedingung für die räumliche Lage der sechs Modellpunkte **1, 3, 5** und **2, 4, 6**; sie wird im besonderen immer erfüllt, wenn gleichzeitig  $z_1 = z_2, z_3 = z_4$  und  $z_5 = z_6$  gilt.

**b)** Damit der Faktor  $B_1$  (oder  $B_2$ ) verschwindet, ist (sofern  $u \neq 0, v \neq 0$ ) notwendig und hinreichend, daß die Randpunkte **4** und **6** (bzw. **3** und **5**) auf gleicher Höhe liegen, d.h. daß  $z_4 = z_6$  (bzw.  $z_3 = z_5$ ) gilt. Desgleichen ist  $E = 0$ , sobald die  $z$ -Koordinaten von **4** und **6** wie auch die von **3** und **5** paarweise übereinstimmen. Überdies gibt es noch allgemeinere Fälle, bei denen der Zähler in Formel  $g''')$  gleich 0 wird.

**c)** Der Faktor  $H_2$  ist immer  $= 0$ , wenn die Punkte **4** und **6** gleiche Höhe haben, oder wenn  $u = 0$  ist.

**d)** Die Faktoren  $C_1, C_2, F$  und  $G_2$  können (von den Fällen  $u = 0, v = 0$  abgesehen) niemals verschwinden (vgl. Nr. 3, insbesondere Gl.  $d', e'$  und  $h'$ ), weil ja alle Größen  $z_j$  und  $\epsilon z_j$  (im Gesichtsfeld der Aufnahmen)  $\neq 0$  sind und stets gleiches, nämlich negatives Vorzeichen aufweisen.

**e)** Die in Nr. 4 behandelten waagrechten Ebenen sind oben unter a) und b) als Sonderfälle einzuordnen. Weiter sei hervorgehoben, daß für jedes in der Flugrichtung verlaufende Tal oder für jeden ebenso gelegenen Bergrücken sowohl  $A = 0, D = 0$  wie auch  $B_1 = 0, B_2 = 0, E = 0, H = 0$  ist usw.

**Nr. 6.** Die praktische Handhabung der Formeln  $a''')$ , ...  $k''')$  ist keineswegs so umständlich, wie dies im ersten Augenblick erscheinen mag. Hat man nämlich die Strecken  $u$  und  $v$ , wie bereits beschrieben wurde (s. Abb. 1), zeichnerisch festgelegt, dann lassen sich alle in diesen Formeln (zum Teil wiederholt) auftretenden Ausdrücke ebenfalls auf graphischem Wege sehr rasch ermitteln. Wir setzen zu diesem Zweck  $v : u = \operatorname{tg} \sigma$  und erhalten die Zahlenwerte von:

$$\left. \begin{aligned} R &= \frac{u^2}{u^2 + v^2} = \cos^2 \sigma, \quad T = \frac{v^2}{u^2 + v^2} = \sin^2 \sigma \quad (R + T = 1), \\ A = D &= \frac{1}{2} \frac{u^2 - v^2}{u^2 + v^2} = \frac{1}{2} \cos 2\sigma \quad \left( A = D = \frac{R - T}{2} \right) \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

z.B. auf Millimeterpapier mit Hilfe der beiden in Abb. 3 gezeichneten Geraden **f, g** und des festen Halbkreises **c**. Der hierbei als Einheitsstrecke dienende Durchmesser dieses Kreises wird zweckmäßig  $= 100$  mm

angenommen, während  $u = u_3 + u_5$  und  $v = u_4 + u_6$  in einem beliebigen Maßstab aufgetragen werden können<sup>8</sup>.

Weiters sind die Strecken  $\varepsilon z_i = z_i : \cos^2 \vartheta$  ( $i = 3, 4, 5, 6$ ) den bereits hergestellten Zeichnungen (vgl. Abb. 1) unmittelbar zu entnehmen. Wir bezeichnen ferner die durch die Modellpunkte **3** und **5** gelegten Nor-

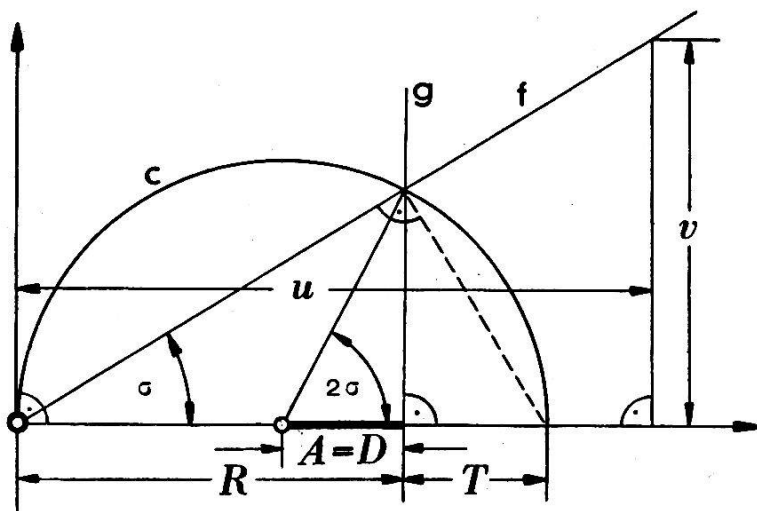


Abb. 3

malen zu den Kernebenen  $\eta_3, \eta_5$  dieser Punkte mit  $\mathbf{n}_3, \mathbf{n}_5$ , den Schnittpunkt von  $\mathbf{n}_3, \mathbf{n}_5$  mit  $\mathbf{N}^0$  und dessen Koordinaten mit  $\eta^0, \zeta^0$  (s. Abb. 4). Zieht man noch durch **5** die Parallele zur  $y$ -Achse, so begrenzen ihre Schnittpunkte **3'**, **5'** mit  $\eta_3$  bzw.  $\mathbf{n}_3$  die Strecke:

$$d^0 = \frac{z_3 - z_5}{\sin \vartheta \cos \vartheta}.$$

Diese wird durch Parallelverschieben längs  $\eta_3$  auf die  $y$ -Achse in die Strecke **B B'** übertragen. Aus der Symmetrie des Fünfecks **B 5 N<sup>0</sup> 5' B'** folgt sodann:

$$d^0 = 2 \eta^0 \text{ sowie:}$$

$$\eta^0 = - \frac{z_3 - z_5}{\sin 2 \vartheta}. \quad (13)$$

Das Minuszeichen steht im Einklang mit unseren Vorzeichenannahmen, insbesondere mit (10). Analog gilt für den Querschnitt  $x = b$ , wenn  $\eta^b, \zeta^b$  die Koordinaten des Schnittpunktes  $\mathbf{N}^b$  der Normalen  $\mathbf{n}_4, \mathbf{n}_6$  angeben:

$$\eta^b = - \frac{z_4 - z_6}{\sin 2 \vartheta}. \quad (14)$$

<sup>8</sup> Da die Formeln  $a'''$ ) und  $f'''$ ) zugleich als Gleichungen eines sogenannten „Plücker'schen Konoides“ (dritter Ordnung) aufgefaßt werden können, läßt sich die in Abb. 3 angegebene Konstruktion auch in bestimmter Weise räumlich deuten. Vgl. hierzu E. Müller-J. Krames, Vorlesungen über darstellende Geometrie, III. Bd., „Konstruktive Behandlung der Regelflächen“, Leipzig und Wien 1931, Nr. 34, Fig. 111.

Schließlich sind auch die Ausdrücke

$$\left. \begin{aligned} h^0 &= \frac{z_1 + \varepsilon z_3 + \varepsilon z_5}{3} = \frac{z_1 + 2 \zeta^0}{3} \\ h^b &= \frac{z_2 + \varepsilon z_4 + \varepsilon z_6}{3} = \frac{z_2 + 2 \zeta^b}{3} \end{aligned} \right\} (15)$$

zeichnerisch leicht festzulegen. Um z.B.  $h^0$  zu erhalten, hat man bloß auf der  $z$ -Achse die Strecke vom Modellpunkt **1** bis zur  $y$ -Parallelen durch **N<sup>0</sup>** in drei gleiche Teile zu teilen und wegen (18) die  $z$ -Koordinate des zweiten Teilpunktes abzugreifen (s. Abb. 4).

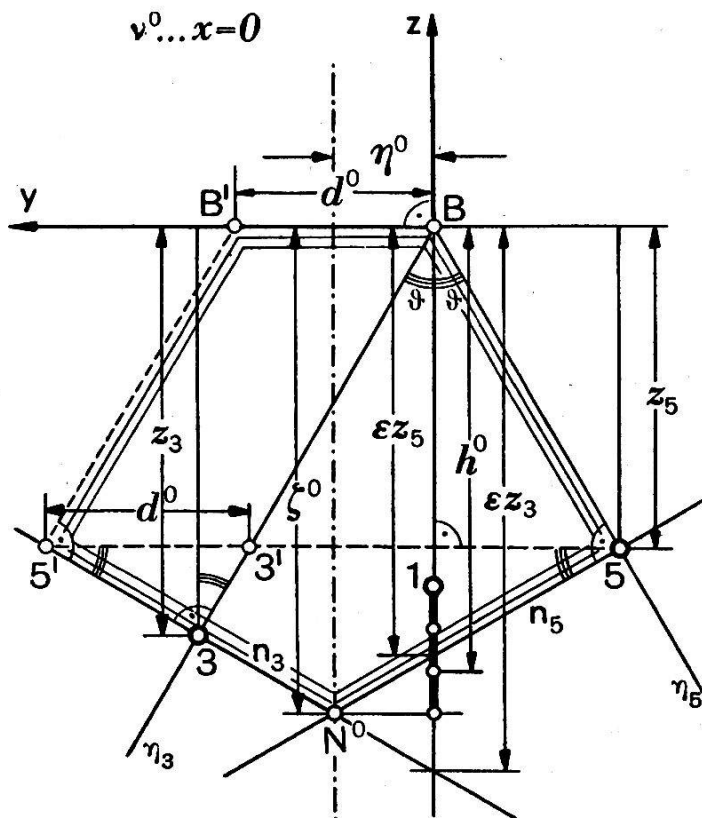


Abb. 4

Nach (12), (13), (14), (15) und  $a''$ , ...  $k''$ ) erhalten die Gleichungen  $a$ ), ...  $k$ ) schließlich folgende einfache Form:

A) *Unabhängige Bildpaare:*

$$a^*) \quad d\omega = R d\omega^0 + T d\omega^b,$$

$$b^*) \quad d\varphi_1 = \frac{Y^b}{b} d\omega^b + \frac{R\eta^b}{b} \Delta \omega,$$

$$c^*) \quad d\varphi_2 = \frac{Y^0}{b} d\omega^0 - \frac{T\eta^0}{b} \Delta \omega,$$

$$d^*) \quad d\kappa_1 = \frac{Z^b}{b} d\omega^b + \frac{R h^b}{b} \Delta\omega,$$

$$e^*) \quad d\kappa_2 = \frac{Z^0}{b} d\omega^0 - \frac{T h^0}{b} \Delta\omega.$$

B) Folgebildanschluß (linker Projektor fest):

$$f^*) \quad d\omega_2 = R d\omega^0_2 + T d\omega^b_2,$$

$$g^*) \quad d\varphi_2 = \frac{Y^b}{b} d\omega^b_2 - \frac{Y^0}{b} d\omega^0_2 + \frac{T \eta^0 + R \eta^b}{b} \Delta\omega,$$

$$h^*) \quad d\kappa_2 = \frac{Z^b}{b} d\omega^b_2 - \frac{Z^0}{b} d\omega^0_2 + \frac{T h^0 + R h^b}{b} \Delta\omega,$$

$$i^*) \quad db_{y_2} = Z^b d\omega^b_2 + R h^b \Delta\omega,$$

$$k^*) \quad db_{z_2} = - Y^b d\omega^b_2 - R \eta^b \Delta\omega.$$

C) Folgebildanschluß (rechter Projektor fest):

$$f^{**}) \quad d\omega_1 = R d\omega^0_1 + T d\omega^b_1,$$

$$g^{**}) \quad d\varphi_1 = \frac{Y^b}{b} d\omega^b_1 - \frac{Y^0}{b} d\omega^0_1 + \frac{T \eta^0 + R \eta^b}{b} \Delta\omega,$$

$$h^{**}) \quad d\kappa_1 = \frac{Z^b}{b} d\omega^b_1 - \frac{Z^0}{b} d\omega^0_1 + \frac{T h^0 + R h^b}{b} \Delta\omega,$$

$$i^{**}) \quad db_{y_1} = Z^0 d\omega^0_1 - T h^0 \Delta\omega,$$

$$k^{**}) \quad db_{z_1} = - Y^0 d\omega^0_1 + T \eta^0 \Delta\omega.$$

Demnach können die gesuchten Orientierungsunbekannten in jedem Fall z.B. mit Hilfe eines Rechenschiebers sehr rasch ausgewertet werden. Übrigens wird es sich oft, namentlich bei kleineren Werten von  $\Delta\omega = d\omega^0 - d\omega^0$ , nur darum handeln, die letzten Glieder der Formeln  $a^*)$ , ...  $k^{**})$  roh abzuschätzen. Denn diese Glieder sind in vielen Fällen genügend klein, um ihren Einfluß auf die Bestimmung der wahrscheinlichsten Orientierung vernachlässigen zu können.

**Nr. 7.** Die besondere Auswahl der sechs Orientierungspunkte gemäß (10) läßt sich in der Regel leicht bewerkstelligen, u. a. mit Hilfe von Maßstäben, die auf durchsichtigem Material gezeichnet sind und in geeigneter Weise auf die Bildträger aufgelegt werden. Sollte bei den so angenommenen Modellpunkten die Parallaxenbeobachtung unmöglich oder ungünstig sein, dann kann die Messung in jeweils benachbarten



Punkten vorgenommen werden. Denn die Parallaxen können in der unmittelbaren Umgebung jedes Modellpunktes (sofern keine Fehler der Bildschichten vorliegen) nur sehr geringe Unterschiede aufweisen<sup>3</sup>.

Zum Abschluß sei noch ein recht bezeichnender *Sonderfall* erwähnt, der bei den im Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen ausgeführten praktischen Versuchen einmal vorkam. Es zeigte sich dabei, daß im Modellquerschnitt  $\nu^0$  ( $x = 0$ ) ein „gefährlicher Kreis“ auftrat ( $u = 0$ , vgl. Nr. 5), während aus der Ebene  $\nu^b$  ( $x = b$ ) ein Wert  $v \neq 0$  resultierte. Trotz dieser für die optisch-mechanische Einpassung sehr ungünstigen Voraussetzungen konnte die Lösung, die „wahrscheinlichste Orientierung“, auf Grund unserer Formeln ebenfalls sofort gefunden werden. Wie man sich leicht überzeugt, gilt nämlich für den Fall  $u = 0$ ,  $R = 0$ ,  $T = 1$  stets  $\eta^0 = Y^0$  und  $h^0 = Z^0$  ( $= z_1$ ), was zur Folge hat, daß die Größe  $d\omega^0$  bzw.  $d\omega^b_2$  aus allen Gleichungen  $a^*$ , ...  $k^*$ ) herausfällt. So ergibt sich z.B. für den Folgebildanschluß (bei Festhalten des linken Projektors):

$$\begin{aligned} d\omega_2 &= d\omega^b_2, \\ d\varphi_2 &= \frac{Y^b - \eta^0}{b} d\omega^b_2, \\ d\kappa_2 &= \frac{Z^b - h^0}{b} d\omega^b_2, \\ db_{y2} &= Z^b d\omega^b_2, \\ db_{z2} &= - Y^b d\omega^b_2. \end{aligned}$$

Nach dem Einstellen der damit bestimmten Orientierungsgrößen waren in dem erwähnten Fall keinerlei Restparallaxen mehr zu beobachten. Es sei noch hervorgehoben, daß die Größe  $d\omega^0$  oder  $d\omega^b$  stets aus allen Gleichungen  $a^*$ , ...  $k^*$ ) verschwindet, sobald im Querschnitt  $x = 0$  bzw. in  $x = b$  ein „gefährlicher Kreis“ vorliegt ( $u = R = 0$  bzw.  $v = T = 0$ ).

Mit diesem und manch anderem Orientierungsbeispiel hat sich der praktische Nutzen des in Rede stehenden graphischen Verfahrens immer wieder einwandfrei bestätigt. Obige Erweiterung dieses Verfahrens weist u. a. noch den Vorzug auf, daß auf Grund der ausgeführten Operationen jedesmal festgestellt wird, ob und inwieweit in den vorliegenden Angaben ein Widerspruch enthalten ist ( $d\omega^0 \neq d\omega^b$ ). Dies ist insofern von einigem Wert, als damit (besonders bei der Aerotriangulierung) die in Betracht zu ziehenden Fehler besser abgeschätzt werden können. Zeigt sich einmal bei einem Modell kein Widerspruch ( $d\omega^0 = d\omega^b$ ), dann weiß man, daß die gemessenen Parallaxen (vorwiegend) „geometrisch“ sind. (Vgl. Nr. 1.) In einem solchen Fall kann die endgültige Orientierung mit Hilfe des vom Verfasser in früheren Arbeiten<sup>1</sup> entwickelten „linearen Interpolierens“ kontrolliert und daher ein Höchstmaß an Genauigkeit erreicht werden.