

Paper-ID: VGI_196719



Über Bündel- und Modelldrehungen an Analoggeräten mit zwei Aufpunkten

Hans Bernhard ¹

¹ 1232 Wien, Triester Straße 167

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen **55** (6), S. 157–166

1967

Bib_TE_X:

```
@ARTICLE{Bernhard_VGI_196719,  
Title = {{\U}ber B{\u}ndel- und Modelldrehungen an Analogger{\a}ten mit  
zwei Aufpunkten},  
Author = {Bernhard, Hans},  
Journal = {{\O}sterreichische Zeitschrift f{\u}r Vermessungswesen},  
Pages = {157--166},  
Number = {6},  
Year = {1967},  
Volume = {55}  
}
```



ÖSTERREICHISCHE ZEITSCHRIFT FÜR VERMESSUNGSWESEN

Herausgegeben vom
ÖSTERREICHISCHEN VEREIN FÜR VERMESSUNGSWESEN

Offizielles Organ

des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (Gruppen f. Vermessungswesen),
der österreichischen Kommission für die Internationale Erdmessung und
der Österreichischen Gesellschaft für Photogrammetrie

REDAKTION:

emer. o. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. H. Rohrer,
o. Prof. Hofrat Dr. phil. Dr. techn. e. h. K. Ledersteger und
Hofrat Dipl.-Ing. Dr. techn. Josef Mitter

Nr. 6

Baden bei Wien, Ende Dezember 1967

55. Jg.

Über Bündel- und Modelldrehungen an Analoggeräten mit zwei Aufpunkten

Von *Johann Bernhard*, Wien

1. Einleitung

Analoggeräte mit zwei Aufpunkten oder, wie man oft auch sagt: Auswertegeräte I. Ordnung, werden heute überwiegend für numerisch-photogrammetrische Arbeiten herangezogen. Dabei sind schon vor Jahren — unbeschadet der Entwicklung auf dem Gebiet der analytischen Photogrammetrie — Aufgabenstellungen in den Vordergrund getreten, die großteils in den Bereich der sogenannten *großen Maßstäbe* eingereiht werden können. Auswertungen dieser Art werden zumeist in den Begriff „Katasterphotogrammetrie“ zusammengefaßt. Die Anforderungen, die bei solchen Arbeiten an die Genauigkeit der Orientierung gestellt werden müssen, sind hoch; in entsprechender Höhe bewegt sich naturgemäß auch der Zeitaufwand für diesen Arbeitsgang.

In diesem Zusammenhang darf daran erinnert werden, daß am Beginn der erwähnten Entwicklungstendenz, also vor etwa 15 bis 20 Jahren, das Problem der gegenseitigen Orientierung zu neuer Aktualität gelangt ist. Auf den richtunggebenden Gedanken von *O. v. Gruber* aufbauend, hat man damals versucht, die Aufgabe der gegenseitigen Orientierung unter Heranziehung numerischer und zum Teil auch graphischer Verfahren besser, exakter und insbesondere auch *objektiver* zu lösen (siehe z. B. [1], [2], [3] und [4]). Als Beitrag zu diesem Themenkreis waren zu dieser Zeit auch die vom Verfasser in [5] mitgeteilten Gedankengänge gedacht.

Rückblickend ist heute wohl zu sagen, daß manche Ergebnisse der damaligen Bemühungen hauptsächlich offenbar deshalb nur spärlich Eingang in die Praxis

finden konnten, weil „numerische Belastungen“, noch dazu in einem Gebiet, von dem man sagte, es sei die Kunst, Rechnungen zu vermeiden, sich nirgendwo besonderer Beliebtheit erfreuten und weil leistungsfähige Rechenhilfsmittel in diesen Jahren noch nicht zur Verfügung standen.

Heute aber ist, wie man verschiedenenorts schon mehrmals betont hat, der oben zitierte „Slogan“ in vieler Hinsicht längst überholt: die moderne Datenverarbeitung beherrscht seit Jahren weite Bereiche der verschiedensten Gebiete und in jüngster Zeit hat sich in dieser Hinsicht eine Entwicklung angebahnt, die neue Sparten in besonderem Maße ansprechen wird und zum Teil auch schon angesprochen hat. Der Verfasser denkt dabei an die sogenannten *Kleincomputer*, für deren Leistungsvermögen überall dort ein echter Bedarf besteht, wo mittels Automation noch beträchtliche Rationalisierungen nicht nur noch möglich, sondern auch geboten erscheinen, wo aber zum anderen der zu bewältigende Arbeitsanfall kaum jemals jene Größenordnungen erreicht, an die jedermann denkt, wenn von Rechenanlagen die Rede ist.

In manchen Bereichen der geodätischen Praxis und insbesondere auf dem Gebiet der Analog-Photogrammetrie bestehen die beschriebenen Verhältnisse durchaus nicht selten; als Photogrammeter denke man etwa an die Berechnung der für die Einpassungen erforderlichen Paßpunkte, oder an verschiedene Transformationsaufgaben mit nicht immer vielen Punkten und, last not least, an die Behandlung der Orientierungen an den Auswertegeräten.

In jedem der angeführten Fälle handelt es sich zweifellos um in der Praxis stets wiederkehrende und in summa auch umfangreiche Aufgaben. Man hat aber festzuhalten, daß in den genannten Sparten der Arbeitsanfall nie plötzlich oder schlagartig erfolgt; in dieser Hinsicht ist vielmehr eine gewisse Kontinuität gegeben, die vornehmlich von dem jeweiligen Arbeitsrhythmus bestimmt wird. Zum anderen besteht in diesen Bereichen aber ein lebhaftes Interesse daran, die heranstehenden Arbeiten jeweils schnell ausführen und die Ergebnisse umgehend in den Gesamtprozeß wieder eingliedern zu können.

Angesichts dieser Sachlage und mit Rücksicht auf die durch Kleinrechner auch in organisatorischen Belangen gegebenen guten Aspekten werden im folgenden für das Orientieren an den in Rede stehenden Zweibildauswertegeräten einige „automationsfähige“ Gedanken mitgeteilt.

2. Aufgabenstellung

Einwandfrei arbeitende Geräte vorausgesetzt, hängt die Genauigkeit photogrammetrischer Auswertungen wesentlich von der Genauigkeit der Orientierungen ab. Bei numerischen Arbeiten sind die bezüglichlichen Forderungen, wie schon eingangs erwähnt, besonders hoch. Man orientiert zuerst *gegenseitig*, dann *absolut* und es ist keine Frage, daß man für diese beiden Arbeitsschritte im Laufe der Jahre eine ganze Reihe wertvoller „Kniffe“ gefunden hat. Man weiß aber, daß an Geräten I. Ordnung die *gegenseitige* Orientierung anlässlich der *Modelldrehungen* oft gefährdet wird; dies umso mehr, je größer die auszuführenden Rotationen sind. Gewiß kann man sich hier, etwa durch entsprechendes *absolutes* Vororientieren, helfen, aber solche Vorgangsweisen zwingen dann nicht selten, insbesondere bei sogenannten schwer orien-

tierbaren Modellen, zu mehreren Durchgängen, die letztlich die Gesamtphase der Orientierung aufwendig werden lassen.

Dieser wohlbekannte Mangel, wenn man es so nennen kann, hat seine Ursache wesentlich in den Konstruktionsmerkmalen der Auswertegeräte. Mit anderen Worten: für die Erstellung der endgültigen (absoluten) Orientierung müssen die Orientierungselemente bereits gut genähert vorliegen; trifft dies nicht oder nicht genügend zu, so wird der Orientierungsvorgang notwendig iterativ.

Im folgenden wird daher versucht, die für die absolute Orientierung notwendigen Näherungswerte zu umgehen und das Orientierungsverfahren auf diese Weise zielführender zu gestalten. Der *absoluten* Orientierung hier einen gewissen Vorrang einzuräumen, erscheint auch deshalb gerechtfertigt, weil die „Bereitstellung“ der für die *gegenseitige* Orientierung notwendigen Näherungswerte i. a. im Wege einer Vororientierung ohne großen Zeitaufwand möglich ist.

Der Grundgedanke der gegenständlichen Überlegungen liegt demnach darin, die einmal gewonnene gegenseitige Orientierung zu erhalten bzw. durch die Modelldrehung nicht wieder zu gefährden oder vorübergehend sogar zu verlieren.

3. Lösungsgedanke

Auf Näherungswerte kann verzichtet werden, sobald es gelingt, Bündel- und Modelldrehungen beliebiger Größe an den Geräten exakt einzuführen.

A priori ist dies bekanntlich nicht möglich. Geht man aber von den an den Instrumenten vorhandenen Freiheitsgraden und den daraus resultierenden Bewegungsvorgängen aus, so bietet sich u. a. der folgende, der getroffenen Zielsetzung gut entsprechende Weg:

Nimmt man nämlich an, daß die bei der Orientierungsaufgabe anfallenden Drehungen auf *horizontale* bzw. *lotrechte* Achsen bezogen vorliegen, so hat man vorerst die am Gerät (*nach* der gegenseitigen Orientierung) bestehenden Aufnahme-richtungen zurückzuführen auf Rotationen um die genannten Achsen, kann dann die *neuen* Drehungen anbringen und gelangt durch eine Art Rückrechnung zu den neuen Einstellwerten. Das (rechnerische) Nachdrehen der Basis kann alsdann auf gewohnte Art erfolgen.

Als Voraussetzung für einen solchen Vorgang besteht jedoch, daß in der Ausgangsposition für die absolute Orientierung $b_y = b_z = \text{Null}$ sind, daß also die gegenseitige Orientierung *unabhängig* erstellt worden ist*).

Die oben beschriebene Lage der Drehachsen, die im weiteren auch *fixe* Achsen genannt werden mögen, wird deshalb bevorzugt, weil diese Achsenlage auch bei der Berechnung der gegenseitigen Orientierung besteht und weil bei der üblichen

*) Zur Zeit wird auch geprüft, inwieweit die gegenseitige Orientierung ohne Vorliegen von Näherungswerten maschinell ökonomisch gelöst werden könnte. Man denkt dabei daran, die Bildpaare jeweils nur auszukanten und aus dieser Stellung heraus die gegenseitige Orientierung zu finden. Auch für eine solche Vorgangsweise kann die hier getroffene Bedingung $b_y = b_z = 0$ vorteilhaft sein.

Für $b_y = b_z \neq 0$ hingegen wären die Rotationen um die in [3] und [5] genannten Modellachsen einzuführen. Es ist vorgesehen, diesen Fall in der am Ende dieser Arbeit angekündigten nächsten Veröffentlichung zu behandeln.

Ermittlung der Modelldrehungen gleichfalls auf diese Achsen bezogen wird. Im allgemeinen wird hier aber angenommen, daß die als gegeben vorausgesetzten Rotationen aus einer (programmierten) räumlichen Drehstreckung hervorgehen, wobei es aus Genauigkeitsgründen notwendig ist, entweder die auf Grund der Paßpunktverteilung in Frage kommenden Kombinationen zu rechnen und deren Ergebnisse für die Weiterverwendung zu mitteln oder von vornherein eine ausgleichende Transformation durchzuführen (siehe z. B. [6], [7] und [8]).

Transformationen dieser Art liefern drei Orientierungswinkel; zwei von ihnen sind notwendig für die „Horizontierung“ des Modelles, der dritte gibt die Möglichkeit, das Modell auch *azimutal* zu orientieren. Führt man auch diesen Schritt durch, so gewinnt man bekanntlich die Möglichkeit, die Maschinenkoordinaten der Paßpunkte schon am Auswertegerät vergleichen zu können mit den entsprechenden Soll-Koordinaten.

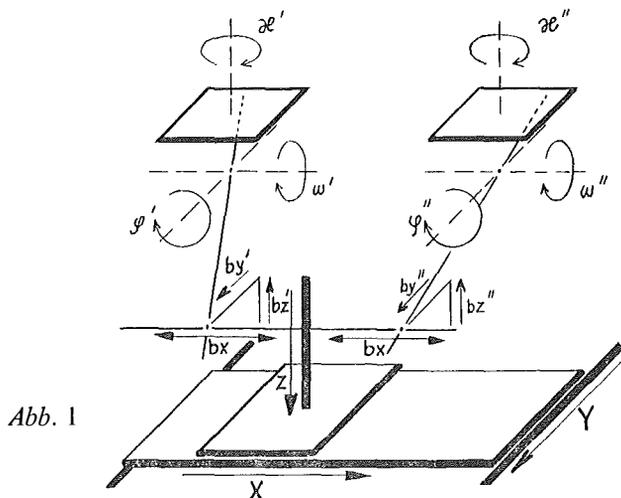
Ermittelt man die genannten Orientierungswinkel aber nicht im Zusammenhang, also nicht unter Heranziehung einer räumlichen Transformation, so kann die für eine azimutale Orientierung erforderliche Drehung als Differenz zwischen den aus Maschinen- und Soll-Koordinaten resultierenden Richtungswinkeln gefunden werden. Liegen dazu die Flugstreifen „Ost-West“ oder „Nord-Süd“, so ist das System der Soll-Koordinaten i. a. ident mit dem Landeskoordinatensystem. In allen anderen Fällen erhält man die Soll-Koordinaten mittels Transformation der terrestrischen Werte in ein System, dessen eine Achse mit der mittleren Flugrichtung zusammenfällt.

Die gegenständliche Modelldrehung bezieht sich daher auch in diesem Fall auf eine *lotrechte* Achse.

4. Beziehungen zwischen den fixen und bewegten Achsen

4, 1. Achsrichtungen und Drehsinne

Für die Achsrichtungen sowie für die Einstellungen an der Basis und für die Drehsinne an den Kammern gelten die in Abb. 1 dargestellten Verhältnisse. Dabei sei die zur x -Achse parallele Kammerachse die Primärachse.



Für die Herleitung der gefragten Beziehungen wird weiter wie folgt festgelegt: die *fixen* Achsen heißen, auch in Anlehnung an [5], α -, β - und γ -Achse und die bewegten Achsen werden, wie üblich, mit ω , φ und \varkappa bezeichnet, wobei die folgenden Zuordnungen bestehen mögen

$$\alpha \triangleq \omega, \beta \triangleq \varphi \text{ und } \gamma \triangleq \varkappa.$$

Für die bei der absoluten Orientierung auszuführenden Drehungen gelten demnach die Bezeichnungen

$$\Delta\alpha, \Delta\beta \text{ und } \Delta\gamma.$$

Über die Größe dieser Rotationen wird nicht verfügt; natürliche Grenzen ergeben sich aber durch die Bereiche der einzelnen Freiheitsgrade an den Auswertegeräten. In der Praxis jedoch werden $\Delta\alpha$ und $\Delta\beta$ den Betrag von 3° kaum überschreiten; der Orientierungswinkel $\Delta\gamma$ hingegen kann durchaus auch größer werden.

Zwischen linker und rechter Kammer schließlich wird in gewohnter Weise unterschieden und die auftretenden Kammerlagen werden mittels Indizes gekennzeichnet.

4. 2. Die Primär- und Sekundärdrehung

Die bei der Primär- und Sekundärdrehung bestehenden Verhältnisse sind in den Abbildungen 2 und 3 dargestellt. Alle Rotationen wurden negativ eingeführt (vgl. Abb. 1).

Werden, wie vorne angenommen, die auf fixe Achsen bezogenen Rotationen α und β (von der Nullage aus) als bekannt vorausgesetzt und legt man weiter fest, daß alle Drehungen stets in der Reihenfolge

- a) Primärdrehung (ω -Drehung)
- b) Sekundärdrehung (φ -Drehung)
- c) Tertiärdrehung (\varkappa -Drehung)

durchgeführt werden, so müssen β und in weiterer Folge auch γ (siehe 4, 3 Tertiär-

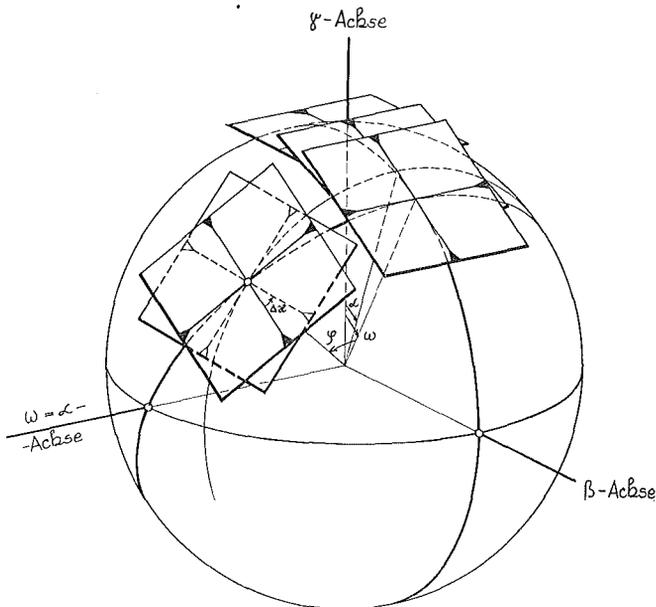


Abb. 2

drehung) auf die bewegten Achsen bezogen, d. h. in entsprechende Komponenten zerlegt werden.

Den gesamten Bewegungsvorgang zeigt Abb. 2. Die zu der Sekundärdrehung φ gehörende Kantungskomponente $\Delta\kappa$ wird deutlich.

Die geltenden Beziehungen hingegen gehen aus Abb. 3 hervor: Bei der β -Rotation bewegt sich C_1 entlang eines Parallelkreises nach $\overline{C_2}$. Wird nun die auf diese Weise erhaltene Lage der Aufnahme-richtung auf die φ -Achse bezogen, so bestimmen die Großkreisbogen CC_2 und $C_2\overline{C_2}$ die am Gerät einzustellenden Orientierungselemente ω und φ .

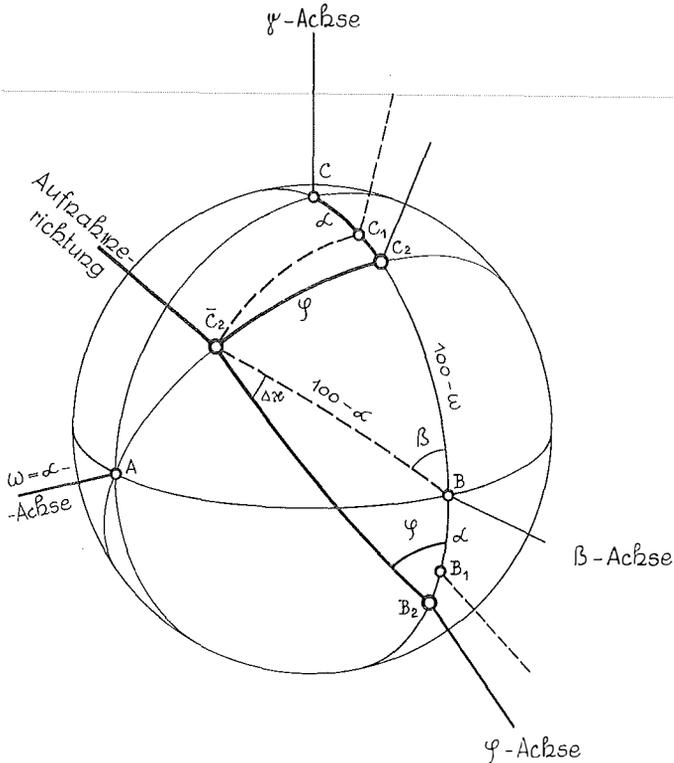


Abb. 3

Aus dem bei C_2 rechtwinkligen sphärischen Dreieck $BC_2\overline{C_2}$ liest man dazu zunächst ab

$$\tan \omega = \frac{\tan \alpha}{\cos \beta} \quad \dots (1) \quad \text{und} \quad \sin \varphi = \cos \alpha \cdot \sin \beta. \quad \dots (2).$$

Sind umgekehrt „Gerätewerte“ gegeben, so benötigt man für die Rückrechnung auf fixe Achsen die zu (1) und (2) gehörenden inversen Formeln, für die man aus demselben Dreieck bekommt

$$\sin \alpha = \sin \omega \cdot \cos \varphi \quad \dots (1') \quad \text{und} \quad \tan \beta = \frac{\tan \varphi}{\cos \omega}. \quad \dots (2')$$

Die gemäß (1) und (2) auszuführenden Bündeldrehungen stellen die richtige Lage

der Aufnahme­richtung im Raum her; die Orientierung der Bilder in ihrer Ebene geschieht zu­folge

$$\tan \Delta \kappa = - \sin \alpha \cdot \tan \beta \quad \dots (3).$$

Auch diese Beziehung folgt aus dem o. a. Dreieck oder auch aus $\overline{BB_2C_2}$ (siehe hierzu auch [9]).

4, 3. Die Tertiärdrehung (gemeinsame Kantung $\Delta\gamma$)

Geht man von einem bereits hori­zontierten Modell aus, so sind durch die Orientierungselemente ω_1, φ_1 und κ_1 beider Kam­mern die Aufnahme­richtungen und die Lagen der Bilder in ihrer Ebene fest­gelegt (Die Indizes beziehen sich auf den Stand vor der Drehung).

Führt man nun die azimutale Orientierung um die (gedachte) lotrechte φ -Achse durch, so bewegt sich $\overline{C_2}$ auf einem Parallelkreis nach C_3 und die Nadirdistanz γ ändert bei diesem Vorgang nur ihre Richtung, nicht aber ihre Größe. Starke Änderungen erfahren aber i. a. die Komponenten ω_1 und φ_1 (Abb. 4).

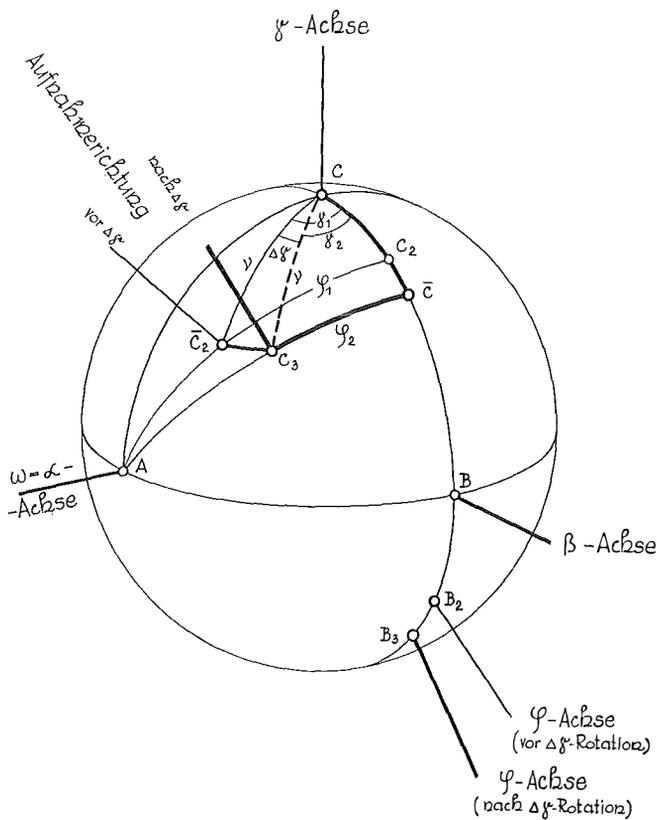


Abb. 4

Zur Wiederherstellung der gegenseitigen und gleichzeitig auch der absoluten Orientierung sind daher die zu der neu gerichteten Nadirdistanz gehörenden (neuen) Komponenten ω_2, φ_2 und κ_2 zu ermitteln. Danach ist nur noch die Basis nach­zudrehen.

Aus Abb. 4 entnimmt man zunächst für den Richtungswinkel γ_1

$$\tan \gamma_1 = \frac{\tan \varphi_1}{\sin \omega_1} \quad \dots (4)$$

und rechnet damit die Nadirdistanz $v \dots (Ny)$ aus

$$\tan v = \frac{\tan \omega_1}{\cos \gamma_1} \quad \dots (5).$$

Bildet man nun $\gamma_2 = \gamma_1 + \Delta\gamma$, so hat man für die (neuen) Bildneigungen ω_2 und φ_2

$$\tan \omega_2 = \tan v \cdot \cos \gamma_2 \quad \text{und} \quad \dots (6)$$

$$\sin \varphi_2 = \sin v \cdot \sin \gamma_2 \quad \dots (7).$$

Und für die Drehung der Bilder in ihrer Ebene gilt

$$\tan \varkappa_2 = \frac{\tan \Delta\gamma}{\cos v} \quad \dots (8)$$

5. Die Basisdrehungen

Es gelten die folgenden Beziehungen:

$$\Delta by_\alpha = -bz \cdot \sin \Delta\alpha - by(1 - \cos \Delta\alpha)$$

$$\Delta bz_\alpha = +by \cdot \sin \Delta\alpha - bz(1 - \cos \Delta\alpha)$$

$$\Delta bx_\beta = +bz \cdot \sin \Delta\beta - bx(1 - \cos \Delta\beta)$$

$$\Delta bz_\beta = -bx \cdot \sin \Delta\beta - bz(1 - \cos \Delta\beta)$$

$$\Delta bx_\gamma = -by \cdot \sin \Delta\gamma - bx(1 - \cos \Delta\gamma)$$

$$\Delta by_\gamma = +bx \cdot \sin \Delta\gamma - by(1 - \cos \Delta\gamma).$$

Hierin ist bx bei „Basis innen“ positiv und bei „Basis außen“ negativ; die Komponenten by und bz werden im Sinne $by = by' - by''$ und $bz = bz' - bz''$ gebildet.

Die Änderungen dieser Komponenten beziehen sich somit auf die linke Kammer und sind links anzubringen (für rechts ist das Vorzeichen zu ändern).

Ermittelt man $\Delta\alpha$, $\Delta\beta$ und $\Delta\gamma$ im Zusammenhang, so erhält man aus der räumlichen Transformation auch den bei der Basisdrehung zu berücksichtigenden Maßstabfaktor.

6. Der Rechengang

Ausgehend von den bei der gegenseitigen Orientierung erhaltenen Daten werden zunächst an Hand von (1') und (2') die zugehörigen Rotationen um fixe Achsen berechnet; man erhält

$$\begin{array}{ccc} \alpha'_1 & & \alpha''_1 \\ \beta'_1 & \text{und} & \beta''_1 \end{array}$$

und bekommt laut (3) weiter

$$\Delta\alpha'_1 \quad \text{und} \quad \Delta\alpha''_1.$$

Bildet man nun unter Heranziehung der Ergebnisse aus der räumlichen Transformation

$$\begin{array}{ll} \alpha_2' = \alpha_1' + \Delta\alpha & \alpha_2'' = \alpha_1'' + \Delta\alpha \\ \beta_2' = \beta_1' + \Delta\beta & \beta_2'' = \beta_1'' + \Delta\beta \end{array}$$

und rechnet dann vorerst nach (3)

$$\Delta x_2' \quad \text{und} \quad \Delta x_2''$$

so resultiert als einzustellende Kantungsdifferenz

$$d\Delta x' = \Delta x_2' - \Delta x_1' \quad \text{und} \quad d\Delta x'' = \Delta x_2'' - \Delta x_1''$$

und die neuen Bildneigungen erhält man aus (1) und (2) zu

$$\begin{array}{ccc} \omega_2' & & \omega_2'' \\ \varphi_2' & \text{und} & \varphi_2'' \end{array}$$

Das so erhaltene horizontale Modell ist nun noch azimutal zu orientieren. Der Vorgang geschieht, wie unter 4, 3 angeführt, schrittweise. Gleiches gilt auch für die unter 5. genannten Basisdrehungen.

7. Die Ergebnisse der bisherigen praktischen Versuche

Bei den gegenständlichen Überlegungen im Vordergrund stand natürlich die Frage, in welcher Weise bzw. mit welcher Genauigkeit die Geräte auf derartige Einstellwerte ansprechen können. Anfangs bestand zweifellos eher ein gewisser Skeptizismus. Die Ergebnisse erster Versuche haben aber die Erwartungen übertroffen.

Bei Primär- und Sekundärdrehungen in der Größenordnung von 3^g wurden die in der Praxis erhaltenen Daten gegenübergestellt jenen, die aus der Rechnung hervorgingen. Am Gerät unmittelbar verglichen werden konnte hier deshalb nicht, weil die räumliche Transformation z. Zt. noch nicht programmiert ist.

Für azimutale Orientierungen hingegen waren die für Versuchsreihen erforderlichen Voraussetzungen ungleich günstiger bzw. die notwendigen Zeitaufwendungen bedeutend geringer. Hier kann gesagt werden, daß *nach* (angenommenen) Rotationen bis $\pm 10^g$ die Modelle praktisch wieder parallaxenfrei waren, daß die Höhen wieder übereinstimmten und daß insbesondere auch der Maßstab sehr gut erhalten blieb. Die ΔH -Werte zwischen vor und nach der Drehung bewegten sich nur innerhalb der stereoskopischen Meßgenauigkeit, der Maßstab schwankte nur um wenige Zehntel-Promille und die ausgeführten Rotationen selbst stimmten mit dem Sollwert auf innerhalb 1^c überein.

Bei den anderen Rotationen traten in ω und φ Differenzen in der Größenordnung von $1-2^c$, in φ bis 3^c auf. Versuche in der Form, daß die errechneten Werte am Gerät noch eingestellt werden können, sind für die nächste Zeit vorgesehen.

Anläßlich der erwähnten Versuche bzw. anläßlich der Überprüfung eines Gerätes, hat sich gezeigt, daß die gegenständlichen Beziehungen zwischen fixen und bewegten Achsen unter Heranziehung von Gitterplatten besondere Möglichkeiten für Gerätetests bieten.

Darüber und über die Ergebnisse der angekündigten weiteren Versuche wird in einem der nächsten Hefte dieser Zeitschrift berichtet werden.

Literaturnachweis

[1] Hallert, B.: Über die Herstellung photogrammetrischer Pläne. Diss. Stockholm 1944.

[2] Kasper, H.: Ein numerisches Verfahren des Folgebildanschlusses für gebirgiges Gelände. Schweiz. Z. f. V. u. K. 1950, Nr. 4.

- [3] *Krames, J.*: Zur praktischen Handhabung des graphischen Verfahrens zum gegenseitigen Einpassen von Luftaufnahmen. Schweiz. Z. f. V. u. J. 1952, Nr. 12 und 1953, Nr. 1.
- [4] *Jerie, H. G.*: Beitrag zum numerischen Orientierungsverfahren für gebirgiges Gelände. Photogrammetria 1953/54, Nr. 1.
- [5] *Bernhard, J.*: Über den Einfluß der Achsstellungen des Auswertegerätes auf die gegenseitige Orientierung von Luftaufnahmen. Photogrammetria 1953/54, Nr. 2.
- [6] *Rinner, K.*: Über räumliche Drehungen. D. G. K. Reihe A, Nr. 25, München 1957.
- [7] *van den Hout, C. M. A.*: Boll. di Geod. 20, 1961, 418 . . . 427.
- [8] *Schwidersky, K.*: Grundriß der Photogrammetrie. 6. Auflage 1963.
- [9] *Baeschlin-Zeller*: Lehrbuch der Stereophotogrammetrie. Orell Füssli Verlag 1934.

Erfahrungen mit Cronarfilm bei einer großmaßstäblichen, numerischen Punktbestimmung

Von *Josef Kovarik*, Wien

(Veröffentlichung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen)

Seit der industriellen Fertigung von Filmen auf Polyesterbasis wird in der Literatur gelegentlich von großmaßstäblichen Versuchsarbeiten mit Cronarfilm und der dabei erreichten Genauigkeit berichtet, meist jedoch im Zusammenhang mit Komparatormessungen und einer nachfolgenden analytisch-rechnerischen Bearbeitung.

Der Verfasser will nun von einem „Einschaltpunkt“-Operat berichten, das an Analoggeräten modellweise ausgewertet worden ist. Bei einem durchschnittlichen EP-Abstand von etwa 300 m waren, in einem praktisch ebenen Gebiet, über eine Fläche von fast 200 km² rund 1400 Punkte verteilt. Ihre Bestimmung sollte vom Anfang bis zum Ende eine Routinearbeit sein, es sollte also in keiner Phase der Arbeit eine *außergewöhnliche* Sorgfalt beachtet werden.

Andererseits sollte aber die Möglichkeit der Beeinflussung der Ergebnisse durch eine Aerotriangulierung ausgeschaltet werden. Natürlich mußte dann auf Grund der Einzelmodelldisposition eine entsprechende Anzahl von Paßpunkten in Kauf genommen werden. Diese wurden wie bisher mit der hieramts üblichen Genauigkeit durch Punktverdichtung bestimmt. Es standen, über das ganze Gebiet mehr oder weniger regelmäßig verteilt, rund 230 lage- und höhenmäßig gegebene Punkte zur Einpassung zur Verfügung: zentrisch oder exzentrisch luftsichtbar gemachte trigonometrische Punkte, terrestrisch eingemessene Paßpunkte und Punkte aus alten, angrenzenden Operaten¹⁾.

Das EP-Feld, im Osten von Wien gelegen, „EP-Marchfeld SW“ genannt, wurde zu Beginn der Vegetationsperiode (2. Mai) befliegen. Zum Unterschied von den bisherigen EP-Aufnahmen wurde also diesmal Cronarfilm mit dem Bildformat 23 cm × 23 cm verwendet. Die Aufnahme des Gebietes erfolgte außerdem mit doppelter

¹⁾ Man muß überlegen, daß bei den „klassischen“ Plattenaufnahmen (14 cm × 14 cm) die Modellfläche, bei gleichem Bildmaßstab, ja nur etwa ein Drittel von der Fläche eines Cronarfilmmodelles hat (daß also z. B. statt 100 Modellen *drei*hundert erforderlich wären), so daß, auch bei einer festpunktlosen Überbrückung von jeweils 2 bis 3 aufeinanderfolgenden Modellen, rund 200 Paßpunkte anfallen würden.