

Paper-ID: VGI_196312



Aerotriangulierung mit Horizontbilddaten

Peter Waldhäusl ¹

¹ *Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Wien VIII, Krotenthallergasse 3*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen **51** (3), S. 89–92

1963

Bib_TE_X:

```
@ARTICLE{Waldhaeusl_VGI_196312,  
Title = {Aerotriangulierung mit Horizontbilddaten},  
Author = {Waldh{"a}usl, Peter},  
Journal = {{{"0}sterreichische Zeitschrift f{"u}r Vermessungswesen},  
Pages = {89--92},  
Number = {3},  
Year = {1963},  
Volume = {51}  
}
```



Bei Projekten in der Nähe von Flugplätzen kann schließlich der Fall eintreten, daß ein Bildflug unterbrochen werden muß, weil das Vermessungsflugzeug wegen anderer startender oder einfliegender Maschinen vom Flugsicherungsdienst aus dem Operationsraum gewiesen wird.

Zusammenfassend darf gesagt werden, daß die vorstehend behandelten Einflüsse neben etwaigen Sonderfällen den Bildflugbetrieb sehr wesentlich und in einem Ausmaß beeinträchtigen, welches dem Außenstehenden gewiß nicht immer bewußt sein wird. Die Forderung nach besten Luftbildern ist verständlich, doch wird man manchesmal in der Praxis im Hinblick auf Wirtschaftlichkeit und volle Ausschöpfung der Kapazität sowie im Bestreben, allen eingebrachten Bildflugaufträgen innerhalb vernünftiger Termine gerecht zu werden, auch „brauchbares“ Material akzeptieren müssen.

Aerotriangulierung mit Horizontbilddaten

Von *Peter Waldhäusl*, Wien

(Veröffentlichung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen, Wien)

I. Vorwort

Dem Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen stand Bildmaterial zur Verfügung, das im Rahm der „Organisation Européenne des Études Photogrammétriques Expérimentales“ (OEEPE) für die Aufgaben der Kommission E aufgenommen worden war, um Untersuchungen zu der Frage anzustellen, wie man am wirtschaftlichsten Karten 1 : 100 000 herstellen könne. 4500 km² Schweizer Alpenvorland waren dazu mit 50 Superweitwinkelaufnahmen 23 × 23 cm im Maßstab 1 : 75 000 gedeckt worden.

Synchron zu jeder Aufnahme der Hauptkammer WILD RC 9 wurde der Horizont mit der Horizontkammer WILD HC 1, $c = 34$ mm, in 4 zueinander senkrechten Richtungen aufgenommen (Abb. 1–4). In der vorliegenden Veröffentlichung soll über die ersten Wiener Versuche einer Aerotriangulierung mit Superweitwinkelaufnahmen und Horizontbilddaten berichtet werden.

2. Erste Auswertung der Horizontaufnahmen in Helsinki

K. Löfström [3] projizierte die Horizontaufnahmen bei 12facher Vergrößerung auf eine Mattscheibe und vermaß sie mit einer sogenannten „Gradscheibe“. Die relativen Neigungsvariationen $\Delta\varphi$ bzw. $\Delta\omega$ wurden dann aus den Horizonttiefen a, b, c unter den mittleren Kreuzmarken gerechnet (Abb. 5).

$$\Delta\alpha^c = \Delta\varphi^c \text{ bzw. } \Delta\omega^c = \Delta \left(\frac{a + b + c}{3} \cdot \frac{\rho^c}{f} \right)$$

Aus diesen relativen Neigungsvariationen wurden zusammen mit den absoluten Horizontquerneigungen

$$\beta^c = \varphi^c \text{ bzw. } \omega^c = \frac{a - c}{s} \cdot \rho^c$$

die absoluten Kammerneigungen bestimmt, allerdings ohne Berücksichtigung der hier sehr starken Verkantungen. (Nachdem die $\Delta\alpha$ 3,7mal so genau wie die $\Delta\beta$

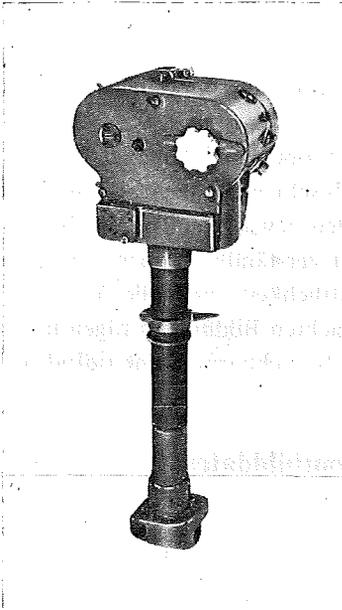


Abb. 1:
Horizontalkammer Wild HC 1

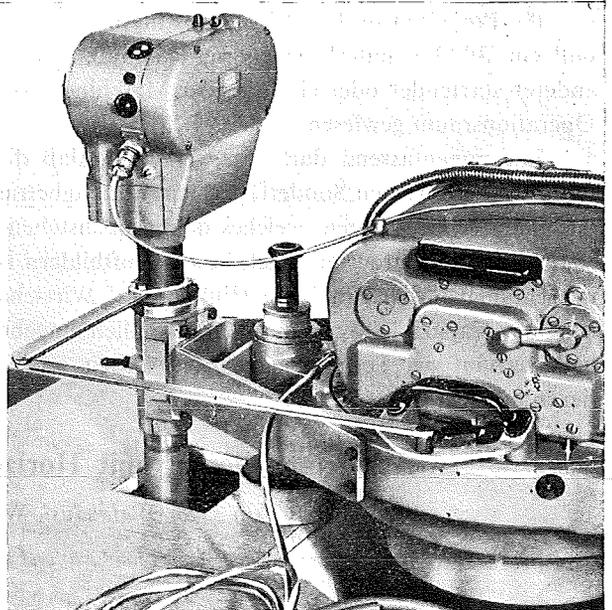


Abb. 2: HC 1 in Verbindung mit einer Reihenmeßkammer Wild RC 9

ermittelt werden können, errechnet man sich das erste α so, daß die Summe der Quadrate von $(\alpha_i - \beta_i)$ ein Minimum wird.)

Für wolkenfreie Horizontbilder gibt *Löfström* für $\Delta\alpha$ eine Genauigkeit von $2^\circ - 3^\circ$, für β von 10° an. Wolkenfreie Horizonte wird man allerdings in gebirgigem Gelände äußerst selten finden, besonders nicht für kleinmaßstäbliche Superweitwinkelaufnahmen, bei deren Aufnahme man aus einer Flughöhe von 7000 m mit der Horizontkammer rund 250.000 km² überblickt.

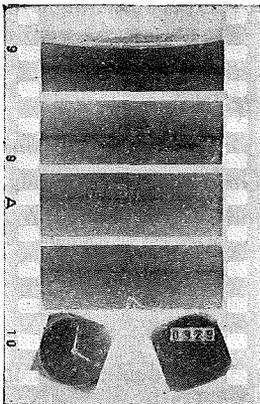


Abb. 3

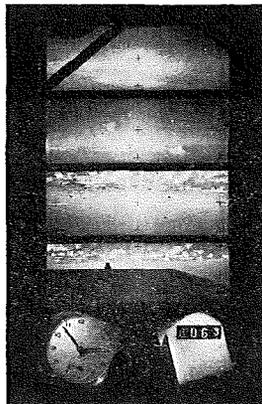


Abb. 4

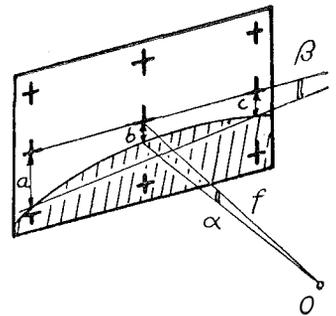


Abb. 5

Beispiele von Horizontaufnahmen über ebenem (3) und gebirgigem (4) Gelände (1:1). (3) = Negativ, (4) = Positiv

Schematische Darstellung eines Horizontbildes (O = Projektionszentrum)

3. Zweite Horizontbildauswertung in Wien

Wir hatten von den Originalaufnahmen Cintel-Diapositive hergestellt und an einem alten Stereokomparator ausgemessen. Dazu wurde eine als Kreisbogen (statt als Hyperbel!) für eine mittlere Flughöhe über Horizont gerechnete, strichlierte, künstliche Horizontlinie auf einer verschiebbaren Glasplatte mit den im Bild sichtbaren Horizontstücken zur Deckung gebracht und dann ihr Abstand von den schlecht definierten ($\pm 0,025$ mm) Bildkreuzmarken mit der x-Parallaxenschraube gemessen.*)

20 Horizontbilder wurden so von 2 Personen völlig unabhängig voneinander gemessen. Für 25 Aufnahmen (100 Einzelbilder) benötigten wir einen Mann/Arbeitstag.

Theoretisch müßten die Änderungen der Horizonttiefen $t = \frac{a + b + c}{3}$ gegenüberliegender Horizontrichtungen entgegengesetzt gleich groß sein. Ihre Summe gibt daher ein Maß für die Genauigkeit der Horizontdaten:

$$(t_{v_i} - t_{v_{i+1}}) + (t_{r_i} - t_{r_{i+1}}) = d \qquad m = \pm \sqrt{\frac{[dd]}{4n}}$$

(t = Horizonttiefe, v = Vorwärts- bzw. Linkshorizont, r = Rückwärts- bzw. Rechtshorizont)

Der mittlere Fehler m für Mittelwerte aus 2 gegenüberliegenden Horizonttiefenänderungen betrug bei beiden Auswertern $\pm 0,03$ mm. Dieser relativ große Wert, dem eine Winkelunsicherheit von $\pm 5,5^\circ$ in $\Delta\varphi$ bzw. $\Delta\omega$ entspricht, ergab sich nicht nur wegen der Unschärfe der Kreuzmarken, sondern auch besonders wegen der schlechten Definition der durch Wolken und Flugzeugteile verdeckten Horizonte (Abb. 4). Überlegt man aber, daß es sich hier um sehr kleine Aufnahmen von Gebirgshorizonten gehandelt hat, so beurteilt man das Ergebnis trotzdem als erstaunlich gut.

4. Vergleich mit einer A 9-Aerotriangulierung

Zur weiteren Prüfung der praktischen Brauchbarkeit der (Gebirgs-)Horizontaufnahmen wurden die relativen Neigungsänderungen aus den Horizontbilddaten von Löffström und den 2 Wiener Auswertern mit denen aus einer freien Aerotriangulierung am WILD A 9 verglichen. Die Aerotriangulierung, bei der wegen Erdkrümmung und Verzeichnung korrigierte Verkleinerungen 1:2 der RC 9-Originalaufnahmen verwendet wurden, ergab nach 8 Modellen bzw. 56 km eine Streifenaufbiegung von nur $\Delta H = +40$ m.

Für die $\Delta\varphi$, die aus je 2 gegenüberliegenden Horizonten bestimmt worden waren, zeigten sich mittlere Abweichungen von $\pm 6^\circ$ bis $\pm 9^\circ$, für die $\Delta\omega$, die nur aus je einer Horizontseite bestimmt werden konnten, solche von $\pm 7^\circ$ bis $\pm 11^\circ$. Die Korrekturen wegen der Achsverdrehung $\Delta\alpha$:

$$d\omega^c = -\varphi^c \sin \Delta\alpha + \omega^c (1 - \cos \Delta\alpha)$$

$$d\varphi^c = +\omega^c \sin \Delta\alpha + \varphi^c (1 - \cos \Delta\alpha)$$

waren vor dem Vergleich berücksichtigt worden [1].

*) Die Abbildung der Kreuzmarken ist bei der neuen HC-Serie, die derzeit in Montage gelangt, wesentlich verbessert worden.

5. Vorgang bei einer Horizontbild-Aerotriangulierung

Der im folgenden für den A 9 beschriebene Vorgang ist auch für den B 8 etwas modifiziert anwendbar.

Das Anfangsmodell eines Streifens wird mit Hilfe von Paßpunkten absolut orientiert und ausgewertet. Nach Einlegen des Folgebildes wird das 2. Modell zuerst näherungsweise gegenseitig orientiert. Mit dem sich daraus ergebenden κ''' wird aus einer Tabelle $d\varphi$ bzw. $d\omega$ entnommen [2]. φ''' und ω''' folgen dann aus φ'' bzw. ω'' des zweiten, absolut orientierten Bildes durch Addition der $\Delta\varphi$ bzw. $\Delta\omega$ aus den Horizontbildern und der dazugehörigen Differenzen $\Delta d\varphi$ bzw. $\Delta d\omega$ der Korrekturen aus der Tabelle. Nach Einstellung von φ''' und ω''' werden die (noch großen) y -Parallaxen abgelesen und daraus die Elemente $\bar{\varphi}'''$ und $\bar{\omega}'''$ der gegenseitigen Orientierung streng bestimmt, die sich von den ungenaueren Horizontkammerdaten unterscheiden. Die Differenzen $(\varphi''' - \bar{\varphi}''')$ bzw. $(\omega''' - \bar{\omega}''')$ werden auf beide Kammern aufgeteilt. Dabei gelten die aus dem Anfangsmodell und den relativen Neigungsvariationen der Horizontkammerwerte errechneten Aufnahmerichtungen als Sollwerte, da bei ihnen die Fehlerfortpflanzung wegfällt.

Der Maßstab wird durch die normale Höhenübertragung gewonnen und durch eine Lagekartierung kontrolliert und verbessert, die man z. B. durch eine Radialschlitztriangulation — eventuell mit den Nadirpunkten — erhält.

6. Praktische Ergebnisse eines Versuches

In einem auf diese Art (an einem A 9) erprobten Streifen betragen die Höhenrestfehler maximal + 16 m am Rande des Versuchsstreifens ($\Delta\Omega_{\max} = + 16^e$). Die maximalen Höhenfehler in der Streifenachse waren $\Delta H_{\max} = - 8$ m ($\Delta\Phi_{\max} = - 7^e$).

7. Literatur

[1]: J. Bernhard: „Über den Einfluß der Achsstellungen des Auswertegerätes auf die gegenseitige Orientierung von Luftaufnahmen“. Photogrammetria 1953/54.

[2]: J. Bernhard: „Zur Übertragung der gegenseitigen Orientierung“. Photogrammetria 1954/55.

[3]: K. Löfström: „Horizontvermessung von HC 1-Aufnahmen des Schweizer Blockes der OEEPE/E“. Helsinki, Mai 1962. Nicht veröffentlichtes Manuskript.

8. Zusammenfassung

Es wird über die Auswertung von Horizontbildern über gebirgigem Gelände und einen Aerotriangulierungsversuch berichtet, der zum Studium der Anwendungsmöglichkeiten von Horizontbilddaten für die kleinmaßstäbliche Kartographie ausgeführt worden ist. Der Vorgang der Aerotriangulierung mit Horizontbilddaten wird beschrieben und die bei den Genauigkeitsuntersuchungen erzielten wesentlichen Ergebnisse bekanntgegeben. In den Alpenländern wird die für Horizontaufnahmen entscheidende Forderung nach wolkenfreien und genügend scharf definierten Horizontlinien selten ideal erfüllt sein. Schon aus diesem Grunde sind dort die z. B. in Finnland möglichen Genauigkeiten bei praktisch vertretbarem Arbeitsaufwand unerreichtbar.