

# Bestimmung der inneren Orientierung von Nahaufnahmen mit Hilfe eines dreidimensionalen Gitternetzes

Autor(en): **Torlegård, K.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **64 (1966)**

Heft 9

PDF erstellt am: **11.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-220777>

## **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.

# Bestimmung der inneren Orientierung von Nahaufnahmen mit Hilfe eines dreidimensionalen Gitternetzes

*Tekn lic K. Torlegård, Stockholm*

## *Zusammenfassung*

Das Problem der vollständigen Kalibrierung von Nahaufnahmekammern wird behandelt und in einem Beispiel erläutert.

## *Résumé*

Le problème d'un étalonnage complet des caméras pour prises de vues rapprochées est étudié et expliqué à l'aide d'un exemple.

## *Einleitung*

Mehrere Sonderaufgaben, für welche die Photogrammetrie geeignet erscheint, lassen sich mit den bisher üblichen Meßkammern ( $b = 0,40$  m oder  $1,20$  m) nicht lösen. Es können Fälle vorkommen, wo man extreme Nahaufnahmen mit kurzen Basen verwenden muß. Die innere Orientierung der Kammern und der Bilder muß für die Auswertung prinzipiell bekannt sein. Im folgenden wird eine Methode entwickelt, die ohne spezielle Laborgeräte auskommt, um die innere Orientierung beliebiger Kammern zu bestimmen. Es werden dreidimensionale genaue Probefelder künstlich hergestellt und verwendet.

## *Das dreidimensionale Probefeld*

In photogrammetrischer Praxis verwendet man für Geräteuntersuchungen regelmäßig Gitterplatten auf Glas. Eine Gitterplatte hat im allgemeinen Teilungen von  $10$  oder  $20$  mm und weist eine hohe Genauigkeit der Gitterkoordinaten  $x$  und  $y$  auf. Eine solche Platte kann in der  $h$ -Richtung ungefähr orthogonal zur  $x$ - $y$ -Ebene mit genau bestimmten Intervallen verschoben werden und ergibt so ein dreidimensionales Probefeld. Eventuelle Abweichungen der Orthogonalität der  $h$ -Richtung gegen die  $x$ - $y$ -Ebene werden durch die Winkel  $\xi$  um die  $x$ -Achse (primär) und  $\eta$  um die  $y$ -Achse (sekundär) definiert. Wir definieren ferner ein orthogonales Koordinatensystem  $XYZ$  mit der  $X$ - $Y$ -Ebene parallel zu der  $x$ - $y$ -Ebene der Gitterplatte, wo  $X_g$ ,  $Y_g$  und  $Z_g$  die Koordinaten des Ursprungspunkts des  $x$ - $y$ - $h$ -Systems sind (Abb. 1). Es gelten die Formeln:

$$X = X_g + x - h \sin \eta \quad (1)$$

$$Y = Y_g + y + h \cos \eta \sin \xi \quad (2)$$

$$Z = Z_g + h \cos \eta \cos \xi \quad (3)$$

In der Praxis wird das dreidimensionale Probefeld durch mehrfache Belichtung einer Aufnahme nach Verschiebung der Gitterplatte (oder der Kammer) zwischen den einzelnen Belichtungen hergestellt. Die Verschiebung wird beispielsweise mit einem Koordinatographen vollzogen, bei dem die  $h$ -Werte genau gemessen werden können.

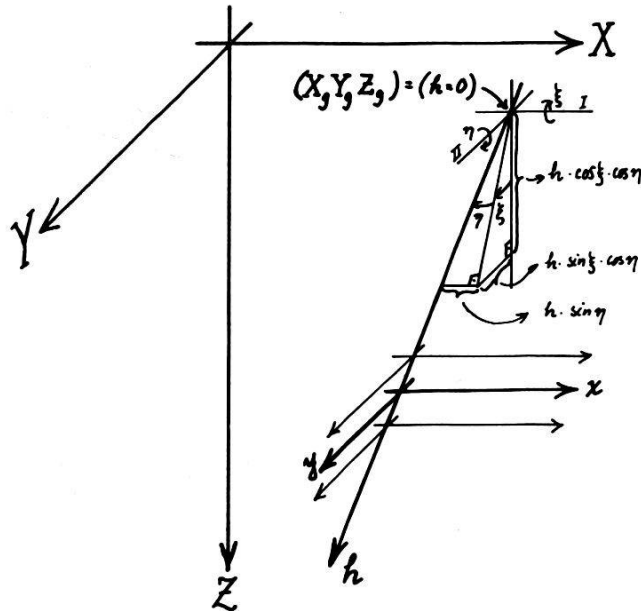


Abb. 1. Beziehungen zwischen  $X$ - $Y$ - $Z$ -System (orthogonal) und  $x$ - $y$ - $z$ -System (nicht orthogonal). Drei Gitterlagen sind gezeigt

### Herleitung der Differentialformeln

Die Ausdrücke (1)–(3) werden in die allgemeinen projektiven Beziehungen zwischen Objekt und Bild für den Aufnahmefall eingeführt. Achsen und Rotationen sind nach dem Wildschen System gewählt; siehe [1], Seite 333. Mit unbekannter innerer Orientierung erhalten wir:

$$x' = x'_0 + \frac{c}{N} \left\{ \begin{aligned} &(x + X_g - h \sin \eta - X_0) \cos \varphi \cos \kappa + \\ &(y + Y_g + h \cos \eta \sin \xi - Y_0) (\sin \omega \sin \varphi \cos \kappa + \\ &\cos \omega \sin \kappa) - (Z_g + h \cos \eta \cos \xi - Z_0) \cdot \\ &(\sin \omega \sin \kappa - \cos \omega \sin \varphi \cos \kappa) \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

$$y' = y'_0 + \frac{c}{N} \left\{ \begin{aligned} &-(x + X_g - h \sin \eta - X_0) \cos \varphi \sin \kappa + \\ &(y + Y_g + h \cos \eta \sin \xi - Y_0) (\cos \omega \cos \kappa - \\ &\sin \omega \sin \varphi \sin \kappa) - (Z_g + h \cos \eta \cos \xi - Z_0) \cdot \\ &(\cos \omega \sin \varphi \sin \kappa + \sin \omega \cos \kappa) \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

$$N = -(x + X_g - h \sin \eta - X_0) \sin \varphi + (y + Y_g + h \cos \eta \sin \xi - Y_0) \cdot \sin \omega \cos \varphi + (Z_g + h \cos \eta \cos \xi - Z_0) \cos \omega \cos \varphi \quad (6)$$

$x', y'$	Bildkoordinaten
$x_0', y_0'$	Bildhauptpunkt
$c$	Kammerkonstante
$X_0, Y_0, Z_0$	Äußeres Projektionszentrum
$\omega, \varphi, \kappa$	Drehungswinkel des Bildes

Wenn  $\eta, \xi, \omega, \varphi$  und  $\kappa$  klein sind, werden die partiellen Ableitungen der Unbekannten:

$$\begin{aligned} \frac{\partial x'}{\partial x_0'} &= 1 & \frac{\partial y'}{\partial x_0'} &= 0 \\ \frac{\partial x'}{\partial y_0'} &= 0 & \frac{\partial y'}{\partial y_0'} &= 1 \\ \frac{\partial x'}{\partial c} &= \frac{x + X_g - X_0}{Z_g + h - Z_0} & \frac{\partial y'}{\partial c} &= \frac{y + Y_g - Y_0}{Z_g + h - Z_0} \\ \frac{\partial x'}{\partial X_g} &= \frac{c}{Z_g + h - Z_0} & \frac{\partial y'}{\partial X_g} &= 0 \\ \frac{\partial x'}{\partial Y_g} &= 0 & \frac{\partial y'}{\partial Y_g} &= \frac{c}{Z_g + h - Z_0} \\ \frac{\partial x'}{\partial Z_g} &= -c \frac{x + X_g - X_0}{(Z_g + h - Z_0)^2} & \frac{\partial y'}{\partial Z_g} &= -c \frac{y + Y_g - Y_0}{(Z_g + h - Z_0)^2} \\ \frac{\partial x'}{\partial X_0} &= -\frac{c}{Z_g + h - Z_0} & \frac{\partial y'}{\partial X_0} &= 0 \\ \frac{\partial x'}{\partial Y_0} &= 0 & \frac{\partial y'}{\partial Y_0} &= -\frac{c}{Z_g + h - Z_0} \\ \frac{\partial x'}{\partial Z_0} &= c \frac{x + X_g - X_0}{(Z_g + h - Z_0)^2} & \frac{\partial y'}{\partial Z_0} &= c \frac{y + Y_g - Y_0}{(Z_g + h - Z_0)^2} \\ \frac{\partial x'}{\partial \omega} &= -c \frac{(x + X_g - X_0)(y + Y_g - Y_0)}{(Z_g + h - Z_0)^2} \\ \frac{\partial y'}{\partial \omega} &= -c \left\{ 1 + \frac{(y + Y_g - Y_0)^2}{(Z_g + h - Z_0)^2} \right\} \\ \frac{\partial x'}{\partial \varphi} &= c \left\{ 1 + \frac{(x + X_g - X_0)^2}{(Z_g + h - Z_0)^2} \right\} \\ \frac{\partial y'}{\partial \varphi} &= c \frac{(x + X_g - X_0)(y + Y_g - Y_0)}{(Z_g + h - Z_0)^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial x'}{\partial \kappa} &= c \frac{y + Y_g - Y_0}{Z_g + h - Z_0} & \frac{\partial y'}{\partial \kappa} &= -c \frac{x + X_g - X_0}{Z_g + h - Z_0} \\ \frac{\partial x'}{\partial \eta} &= -c \frac{h}{Z_g + h - Z_0} & \frac{\partial y'}{\partial \eta} &= 0 \\ \frac{\partial x'}{\partial \xi} &= 0 & \frac{\partial y'}{\partial \xi} &= c \frac{h}{Z_g + h - Z_0} \end{aligned}$$

Die Ableitungen nach  $X_g$ ,  $Y_g$  und  $Z_g$  sind identisch mit denjenigen nach  $X_0$ ,  $Y_0$  und  $Z_0$ . Doch sind die Vorzeichen verschieden. Man muß deswegen als Unbekannte  $X_g - X_0$ ,  $Y_g - Y_0$  und  $Z_g - Z_0$  einführen, um eine nicht singuläre Lösung zu erhalten.

Ferner sind

$$c \frac{\partial x'}{\partial x_0'} + (X_g - X_0) \frac{\partial x'}{\partial (X_0 - X_g)} + \frac{\partial x'}{\partial \eta} = 0$$

und

$$c \frac{\partial y'}{\partial y_0'} + (Y_g - Y_0) \frac{\partial y'}{\partial (Y_0 - Y_g)} - \frac{\partial y'}{\partial \xi} = 0$$

Diese Singularität wird ausgeschlossen, wenn die Winkel  $\eta$  und  $\xi$  bekannt sind. Sie können während der Herstellung des dreidimensionalen Gitternetzes mit Autokollimation gleich Null gemacht werden. Wir sehen auch, daß kleine Fehler  $d\eta$  und  $d\xi$  die Lösung der Hauptpunktkoordinaten  $x_0'$  und  $y_0'$  (sowie auch  $X_0 - X_g$  und  $Y_0 - Y_g$ ) systematisch beeinflussen. Die Kammerkonstante wird für regelmäßige Punktlagen unabhängig von diesen Fehlern.

Man findet die folgenden Differentialformeln:

$$\begin{aligned} dx' &= dx_0' + \frac{x + X_g - X_0}{h + Z_g - Z_0} dc - \frac{c}{h + Z_g - Z_0} d(X_0 - X_g) \\ &+ c \frac{x + X_g - X_0}{(h + Z_g - Z_0)^2} d(Z_0 - Z_g) - c \frac{(x + X_g - X_0)(y + Y_g - Y_0)}{(h + Z_g - Z_0)^2} d\omega \\ &+ c \left\{ 1 + \frac{(x + X_g - X_0)^2}{(h + Z_g - Z_0)^2} \right\} d\varphi + c \frac{y + Y_g - Y_0}{h + Z_g - Z_0} d\kappa \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} dy' &= dy_0' + \frac{y + Y_g - Y_0}{h + Z_g - Z_0} dc - \frac{c}{h + Z_g - Z_0} d(Y_0 - Y_g) \\ &+ c \frac{y + Y_g - Y_0}{(h + Z_g - Z_0)^2} d(Z_0 - Z_g) - c \left\{ 1 + \frac{(y + Y_g - Y_0)^2}{(h + Z_g - Z_0)^2} \right\} d\omega \\ &+ c \frac{(x + X_g - X_0)(y + Y_g - Y_0)}{(h + Z_g - Z_0)^2} d\varphi - c \frac{x + X_g - X_0}{h + Z_g - Z_0} d\kappa \end{aligned} \quad (8)$$





### Beispiel

Die innere Orientierung einer Pentax-Kleinbildkamera ist für den kürzesten Aufnahmeabstand nach der beschriebenen Methode bestimmt worden. Die Kamera wurde auf dem Zeichenstifthalter eines Koordinatographen festgeschraubt; das Gitter war eine negative Kopie einer  $24 \times 24\text{-cm}^2$ -Gitterplatte, welche gut parallel zur Bildebene stand. Hinter dem Gitter war ein weißer Reflexschirm angebracht, gegen welchen ein Elektronenblitz gerichtet war. Im dunklen Zimmer wurde der Verschluss der Kamera geöffnet und der Blitz ausgelöst. Die Kamera wurde dann verschoben, ein weiterer Blitz ausgelöst, und dasselbe Verfahren wurde in einer dritten Lage wiederholt. Die Methode läßt sich natürlich für noch mehr Lagen anwenden (Abb. 2). Die Koordinaten des dreidimensionalen Probefeldes waren:

Punkt	$x$ (mm)	$y$ (mm)	$h$ (mm)
11	80	-60	-20
12	80	-60	0
13	80	-60	30
21	80	60	-20
22	80	60	0
23	80	60	30
51	-80	60	-20
52	-80	60	0
53	-80	60	30
61	-80	-60	-20
62	-80	-60	0
63	-80	-60	30
01	0	0	-20
02	0	0	0
03	0	0	30

Die Verzeichnung war früher mit der Gittermethode [2] bestimmt worden (Abb. 3), und alle gemessenen Bildkoordinaten wurden danach korrigiert. Man benützte als Näherungswerte

$$c = 65 \text{ mm}; x_0', y_0' = \text{Bildmitte}$$

$$X_g - X_0 = Y_g - Y_0 = 0; \quad Z_g - Z_0 = 360 \text{ mm}$$

$$\eta = \xi = \omega = \varphi = \kappa = 0$$

Die Gleichungen (7)–(8) ergaben folgende Korrekturen<sup>2</sup>:

$$dx_0' = -0,884 \text{ mm} \quad s_{dx_0'} = 0,154 \text{ mm}$$

$$dy_0' = -0,269 \text{ mm} \quad s_{dy_0'} = 0,154 \text{ mm}$$

$$dc = +1,108 \text{ mm} \quad s_{dc} = 0,065 \text{ mm}$$

$$s_0 = 0,0034 \text{ mm}$$

<sup>2</sup> Die Gewichte der Bildkoordinaten könnten aus der Bestimmung in Abbildung 3 hergeleitet werden. In diesem Beispiel wurden alle Bildkoordinaten gleichgewichtig behandelt.



Als innere Orientierung wurde gefunden: Lage des Bildhauptpunktes im Koordinatensystem mit Ursprungspunkt in der Bildmitte:

$$x_0' = 0,884 \text{ mm}, \quad y_0' = 0,269 \text{ mm}, \quad s_{x_0'} = s_{y_0'} = 0,154 \text{ mm}$$

Kammerkonstante:

$$c = 66,108 \text{ mm}, \quad s_c = 0,065 \text{ mm}$$

Die Verzeichnung wurde nach der oben erwähnten Methode bestimmt.

#### *Literatur*

- [1] *Hallert, B.*: Fotogrammetri. Norstedts, Stockholm 1964.
- [2] *Hallert, B.*: A new method for the determination of the distortion and the inner orientation of cameras and projectors. *Photogrammetria* XI, 1954/55, 3.

## **Die Generalversammlung der Internationalen Union für Geodäsie und Geophysik (UGGI) in der Schweiz im Jahre 1967**

*Von F. Kobold*

(Fortsetzung)

### *c) Die Arbeiten der Internationalen Assoziation für Geodäsie (AIG)*

Den Ursprung der AIG bildet die im Jahr 1862 gegründete mitteleuropäische Gradmessung, die später in die europäische und noch später in die internationale Gradmessung umgewandelt wurde. Die heutige Organisation der AIG stammt aus dem Jahr 1963. Keine andere Assoziation besitzt eine derart klare Gliederung wie die AIG. Die Leitung der Assoziation obliegt einem Stab, bestehend aus Präsident, Vizepräsidenten, Generalsekretär und Rechnungsführer. Die Aufgaben wurden auf fünf Sektionen verteilt. Die Arbeiten der Sektionen werden in der Regel von permanenten Kommissionen und speziellen Studiengruppen geleitet. Die permanenten Kommissionen befassen sich mit Studien und lang dauernden Arbeiten praktischen Charakters; die Spezialstudiengruppen beschäftigen sich eher mit theoretischen Untersuchungen. Betrachten wir im folgenden die Sektionen, ihre Kommissionen und Spezialstudiengruppen etwas näher. Dabei streben wir nicht nach Vollständigkeit. Es sollen die Studien und Arbeiten erwähnt werden, die uns für die Fortschritte auf dem Gebiet der Geodäsie als besonders charakteristisch scheinen, so daß die Auswahl persönlich gefärbt sein dürfte. Sie geschieht zudem unter dem Gesichtspunkt des schweizerischen Anteils.