

Die Überkorrektur bei der gegenseitigen Orientierung von Senkrechtaufnahmen eines beliebigen Geländes

Autor(en): **Kasper, H.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **47 (1949)**

Heft 5

PDF erstellt am: **11.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-206566>

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.

Die Überkorrektur bei der gegenseitigen Orientierung von Senkrechtaufnahmen eines beliebigen Geländes

Von H. Kasper, Heerbrugg

Die gegenseitige Orientierung von Luftbildern in den photogrammetrischen Auswertegeräten erfolgt, abgesehen von ganz spärlichen Ausnahmen, allgemein nach optisch-mechanischen Orientierungsverfahren, deren Grundgedanken *O. v. Gruber* angegeben hat. Diese Verfahren sind trotz verschiedener Versuche, sie durch andere, vermeintlich bessere Methoden zu ersetzen, aus der photogrammetrischen Praxis so lange nicht zu verdrängen, als Auswertegeräte in der heute üblichen Form gebaut werden.

Obwohl es sich nur um Probiervverfahren sukzessiver Annäherung an die wahrscheinlichste Modellform handelt, die oft mehrmals wiederholt werden müssen, erzielt man bei einiger Übung in wenigen Minuten stets etwa gleich genaue parallaxenfreie Modelle, wenn man nur ein paar einfache Regeln über die Trennung der Einflüsse der Orientierungsfehler und über die mögliche Anhäufung zufälliger Parallaxenreste kennt und beachtet.

Die einzige, für den Anfänger schwierigere Operation ist hierbei die Trennung des Querneigungseinflusses von dem der übrigen Orientierungselemente.

Im allgemeinen verwendet man für die Orientierung die sechs charakteristischen Punkte, welche in der Abb. 1 dargestellt und bezeichnet sind. Bei dem klassischen Verfahren nach *O. v. Gruber*, welches auf alle Kunstgriffe verzichtet und die einzelnen Orientierungselemente in systematischer Weise klar und übersichtlich berichtet, werden bekanntlich zuerst die Punkte 1 und 2 mit by und κ parallaxenfrei gemacht, danach z. B. der Rand 3,4 mit bz und φ . Am Bildrand 5,6 erscheinen neue Parallaxen p^* , die mit ω weggestellt und gemessen werden können. Diese Parallaxen müssen je nach der räumlichen Lage der gewählten

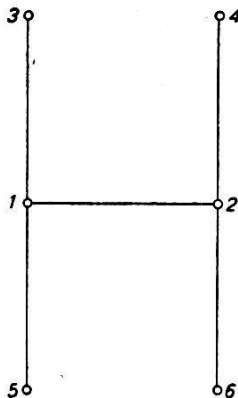


Abb. 1

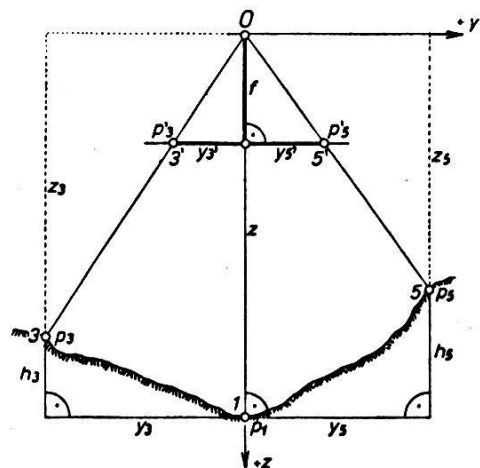


Abb. 2

Modellpunkte in bezug auf die Lage der Aufnahmepunkte mit ω überkorrigiert werden, um den richtigen Wert für die Querneigung ω zu erhalten.

Es ist üblich, die Bildordinaten y' der Punkte 3 und 5 bzw. 4 und 6 gleich lang zu wählen und mittels der Kammerkonstante f die Überkorrektur n für ebenes Gelände nach

$$n = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{f^2}{y^2} \right) \quad (1)$$

zu berechnen und anstatt der Randparallaxe p^* den Wert $n \cdot p^*$ mit ω wegzustellen (Bezeichnungen gemäß Abb. 2).

Beseitigt man wie vorher die Parallaxen in den Punkten 1 bis 4, so sollten bei richtiger Wahl von n auch 5 und 6 parallaxenfrei sein. Im allgemeinen wird aber noch eine Restparallaxe auftreten, welche mit Δp bezeichnet werden möge. Um das Verfahren rascher konvergent zu machen, stellt man statt Δp nicht $n \cdot \Delta p$ weg, sondern

$$n \cdot \frac{p \cdot \Delta p}{p - \Delta p} \quad (2)$$

Sind die Orientierungsverbesserungen klein, so wird dieses Verfahren sofort zum Ziele führen und das ganze Modell parallaxenfrei werden. Wenn jedoch wegen größerer Abweichungen der Aufnahmerichtung von der Nadirdistanz nur schlechte Ausgangswerte für die Orientierungselemente gegeben sind und das Gelände vielleicht überdies gebirgig oder hügelig ist oder keine symmetrisch liegenden Randpunkte zur Verfügung stehen, kann der Anfangswert der Überkorrektur (1) so falsch sein, daß die durch (2) angestrebte Konvergenz des Verfahrens ausbleibt und die bei Wiederholungen entstehenden Randparallaxen divergieren oder sprunghaft Größe und Richtung wechseln. In solchen Fällen brauchen oft auch geübte Auswerter viel Zeit, bevor sie die richtige Überkorrektur ermitteln. Die Schwierigkeiten vermehren sich noch, wenn einer oder mehrere der charakteristischen Punkte samt ihrer Umgebung in einer Wasserfläche oder sonstwie uneinstellbar liegen, so daß andere Punkte für die Orientierung gewählt werden müssen.

In solchen Fällen könnte man sich rascher helfen, wenn man die bisher fast unbeachtet gebliebene Formel für die Überkorrektur bei beliebigem Gelände von *H. Gänger*¹ anwenden würde. Die Formel wurde meines Wissens sonst nur von *R. Finsterwalder*, *Photogrammetrie*, Berlin 1939, erwähnt.

In der Praxis hat die *Gängersche* Formel keinen Eingang finden können, weil sie von ihm in einer etwas zu schwerfälligen Form belassen wurde, die sich der Auswerter nicht leicht merkt, denn er verbindet mit ihrem Aufbau keinerlei Vorstellung. Überdies rechnet der Photogrammeter nur ungern.

¹ Mitteilungen d. D. Ges. f. Photogr. 1938.

Hätte man aber ein Hilfsmittel, welches rasch und zuverlässig den richtigen oder nahezu richtigen Wert der Überkorrektur in jedem Normalschnitt zur Basis angeben würde, so wäre nicht nur für stark bewegtes Gelände eine Hilfe geschaffen, sondern es könnte auch der Folgebildanschluß bei der Aerotriangulation, wo jeweils im Anschlußstreifen drei Geländepunkte und der Aufnahmepunkt koordinatenmäßig bekannt sind, beschleunigt und *verbessert* werden.

Die von *H. Gänger* angegebene Formel für die Überkorrektur bei Senkrechtaufnahmen läßt sich aber nicht nur kürzer ableiten und einfacher darstellen, sondern auch sehr elegant geometrisch deuten. Die geometrische Deutung ist, wie sich im folgenden zeigen wird, auch noch verallgemeinerungsfähig und führt zu einer überraschend einfachen Konstruktion der Überkorrektur.

Um die Formel kurz herzuleiten, setzen wir z. B. die Parallaxengleichungen für den Folgebildanschluß an, wenn die linke Kammer fest und die rechte beweglich angenommen wird.

Wählen wir z. B. den Normalschnitt (Abb. 2) durch die Punkte 1, 3, 5 (Abb. 1), so lauten die speziellen Parallaxengleichungen

$$\left. \begin{aligned} 1) \quad & -(bd\kappa + dby) + z_1 d\omega = p_1 \\ 2) \quad & -(bd\kappa + dby) + z_3 \left(1 + \frac{y_3^2}{z_3^2}\right) d\omega + \frac{y_3}{z_3} (bd\varphi - dbz) = p_3 \\ 3) \quad & -(bd\kappa + dby) + z_5 \left(1 + \frac{y_5^2}{z_5^2}\right) d\omega + \frac{y_5}{z_5} (bd\varphi - dbz) = p_5 \end{aligned} \right\} (3)$$

Aus diesen kann man $d\omega$ leicht berechnen. Wenn man die erste Parallaxengleichung von der dritten und fünften subtrahiert, fallen $d\kappa$ und dby aus, und es entstehen zwei neue Gleichungen. Wenn man diese durch ihre Koeffizienten $\frac{y}{z}$ von $(bd\varphi - dbz)$ dividiert und die so entstehenden Gleichungen von einander subtrahiert, so bleibt nur eine Gleichung übrig, aus welcher sich

$$d\omega = \frac{(p_5 - p_1) \frac{z_5}{y_5} - (p_3 - p_1) \frac{z_3}{y_3}}{y_5 - y_3 - \left(\frac{z_5}{y_5} h_5 - \frac{z_3}{y_3} h_3\right)} \quad (4)$$

ergibt. Diese Gleichung findet man auch bei *E. Gotthardt*¹.

Wählt man das vorhin beschriebene Orientierungsverfahren nach

¹ Rechnerische und zeichnerische Hilfsmittel der gegenseitigen Orientierung von Senkrechtaufnahmen gebirgigen Geländes. Diss. Berlin 1938.

v. Gruber, bei welchem die Parallaxen in den Punkten 1 und 2 mit by und κ , die Parallaxen in den Punkten 3 und 4 mit bz und φ weggestellt werden, so sind die Mitte und ein Bildrand parallaxenfrei, und am anderen Rand entstehen Hilfsparallaxen p^* , z. B. p_5^* . Setzt man in (4) $p_1 = p_3 = 0$, so ergibt sich mit p_5^*

$$d\omega = \frac{p_5^* \frac{z_5}{y_5}}{y_5 - y_3 - \left(\frac{z_5}{y_5} h_5 - \frac{z_3}{y_3} h_3 \right)} \quad (5)$$

Aus der letzten der Gleichungen (3) ist

$$p_5^* = z_5 \left(1 + \frac{y_5^2}{z_5^2} \right) \cdot d\omega^* \quad (6)$$

wenn die Parallaxe p_5^* nur durch den $d\omega^*$ -Anteil gemessen wird.

Um die richtige Querneigung $d\omega$ aus p_5^* zu erhalten, muß p_5^* mit der Querneigungsbewegung nicht nur weggestellt, sondern n -fach korrigiert werden, wobei für den Punkt 5

$$n_5 = \frac{d\omega}{d\omega^*} \quad (7)$$

ist.

Setzt man (5) und (6) in (7) ein, so ist die Überkorrektur

$$n_5 = \frac{y_5 \left(1 + \frac{z_5^2}{y_5^2} \right)}{y_5 - y_3 - \left(\frac{z_5}{y_5} h_5 - \frac{z_3}{y_3} h_3 \right)} \quad (8)$$

Diese Formel erhält man auch durch eine kleine Umwandlung der von Gänger a. a. O. abgeleiteten Formel.

Aus der Abb. 3 kann man sofort ablesen, daß der Zähler gleich der Strecke \overline{OD}'_5 oder d' ist. Der Nenner ist $\overline{A}'_3 A'_5$ oder $\overline{A}_3 A_5$, er ist in der Abbildung auch mit a' bezeichnet.

Es wird also

$$n = \frac{d'}{a'} \quad (9)$$

Projiziert man d' auf $\overline{O5}$ und bezeichnet diese Strecke mit d , so ist

die Projektion von a' auf die Strecke $\overline{O5}$ oder eine dazu Parallele gleich a und das Verhältnis $\frac{d}{a}$ gleicht der Überkorrektur n :

$$n = \frac{d}{a} \quad (10)$$

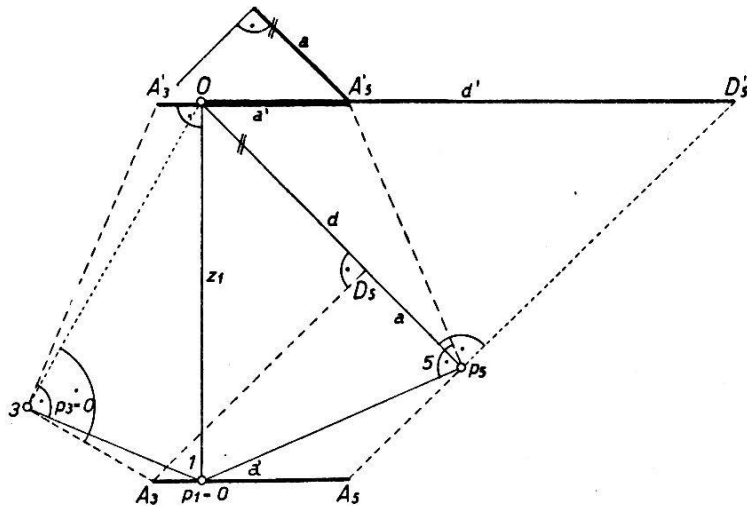


Abb. 3

Läßt man alle Doppel- und Hilfskonstruktionen in der Abb. 3 weg, so entsteht Abb. 4. Diese zeigt die geometrische Bedeutung der Überkorrektur und gleichzeitig ihre Verallgemeinerungsfähigkeit. Der Punkt 1 muß keineswegs Nadirpunkt sein, sondern kann ebenso wie 3 und 5 ein beliebiger Punkt des Normalschnittes sein. Die Überkorrektur ist also stets mit drei Lötens auf die Bildstrahlen sehr einfach zu konstruieren.

Wird in Abb. 4 $a = 0$, so liegt der Punkt 5 auf dem gefährlichen Kreis; die Orientierung ist mit den drei geplanten Punkten in diesem Fall undurchführbar. Dasselbe gilt praktisch auch, wenn a sehr klein ist, wodurch die Überkorrektur sehr große Werte annimmt. Liegt der Punkt 5 innerhalb des durch 1,3 und O gehenden Kreises, dann ist die Überkorrektur negativ.

Abb. 5 zeigt, wie man die Überkorrektur bei *ebenem* Gelände durch Ziehen eines einzigen Lotes ermitteln kann.

Bei der Aerotriangulation, welche auf der fortgesetzten Anwendung des Folgebildanschlusses beruht, kennt man stets die Modellform im Anschluß-Streifen an das vorhergehende Modell. Zwecks Maßstabbestimmung und Höhenvergleichs stellt man ohnedies mindestens drei Punkte heraus, welche dieselbe Abszisse haben und liest ihre Höhen am Höhenzählwerk ab. Da die Lage des Aufnahmepunktes ebenfalls

bekannt ist, kann man diesen auch auftragen. Die Überkorrektur $n = \frac{d}{a}$

wird ausreichend genau durch bloß zwei Lote, so wie dies Abb. 6 zeigt, konstruiert. Sie gilt unter der Voraussetzung, daß in 1 und 3 die Parallaxen auf beliebige Weise beseitigt werden.

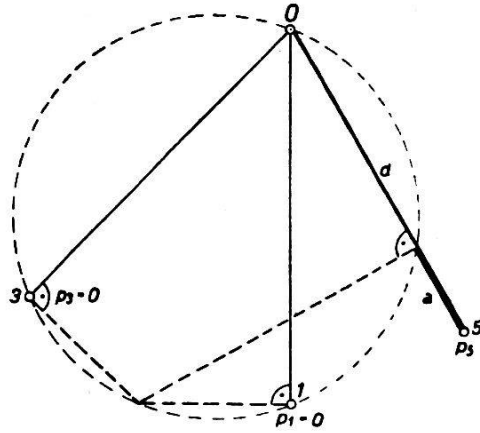


Abb. 4

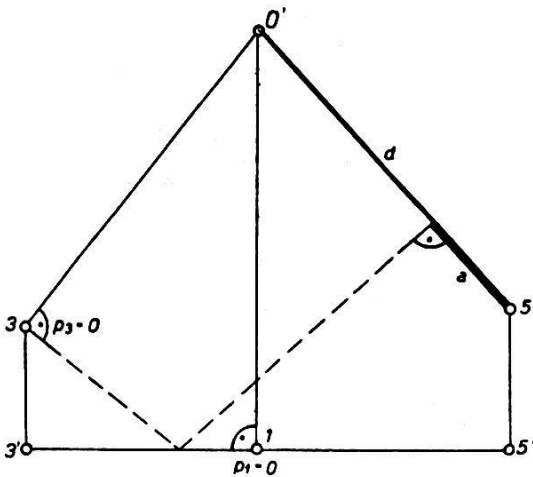


Abb. 5

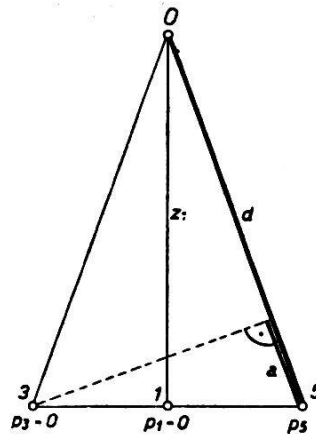


Abb. 6

Will man die Genauigkeit in der Trennung von ω und by erhöhen, wiederholt man das Verfahren in mehreren Abszissen des Modells und mittelt die erhaltenen ω -Werte.

Es läßt sich also auch bei dem optisch-mechanischen Orientierungsverfahren nach *von Gruber* ohne weiteres und viel einfacher als dies bisher bekannt war, ein richtiger Wert der Querneigung ohne lange Vorversuche bestimmen.

Ermittelt man auf diese Weise die Überkorrektur wenigstens überschlägig, so wird es selten vorkommen, daß man den Orientierungsvorgang öfter als einmal wiederholen muß. Man erhält auch unter schwierigen sonstigen Bedingungen einen guten Näherungswert.

Daß die Überkorrektur insbesondere bei Aufnahmen mit Normalwinkelkammern sehr stark von der Geländeform abhängig ist, zeigt die

Praktische Versuche mit den verschiedenen neueren Orientierungsverfahren lassen die Überzeugung aussprechen, daß die optisch-mechanischen Verfahren nach *v. Gruber* weiterhin in einer oder der anderen Modifikation die Hauptrolle in der photogrammetrischen Praxis spielen werden und zumindest von den bisher bekanntgewordenen Neuerungsverschlügen weder verdrängt noch in ihrer Universalität geschmälert werden können. Deshalb ist es sicherlich vorteilhaft, eine rasche Methode zur Ermittlung der Überkorrektur zu kennen.

Die Fehlerellipse des Neupunktes beim Rückwärtseinschnitt aus fehlerhaften Festpunkten

Von Prof. Dr. Franz Ackerl, Wien

In dieser Zeitschrift [1] wurden die Unterlagen dargestellt, mit denen es möglich ist, den Lagefehler des rückwärtseingeschnittenen Neupunktes zu ermitteln, wenn die Koordinatenfehler der gegebenen Punkte und auch die m. F. der Winkelbeobachtungen bekannt sind.

Die Lösung der dort aufgeworfenen Schlußfrage: „Welches ist die mittlere Fehlerellipse des Neupunktes, wenn die mittleren Fehlerellipsen der Anschlußpunkte und die Beobachtungsfehler gegeben sind?“ wird hier entwickelt.

Wir drücken die Koordinaten des durch Rückwärtseinschnitt bestimmten Punktes $P(x, y)$ als Funktionen der gegebenen Punkte A, B, M und der gemessenen Winkel α, β aus, nämlich

$$\begin{aligned} x &= \varphi_1(x_A, y_A, x_B, y_B, x_M, y_M, \alpha, \beta), \\ y &= \varphi_2(x_A, y_A, x_B, y_B, x_M, y_M, \alpha, \beta). \end{aligned} \tag{1}$$

Mit abgekürzter Bezeichnung der partiellen Differentialquotienten erhält man hieraus

$$\begin{aligned} dx &= K_1 dx_A + K_2 dy_A + K_3 dx_B + K_4 dy_B + K_5 dx_M + K_6 dy_M \\ &\quad + K_7 d\alpha + K_8 d\beta, \\ dy &= L_1 dx_A + L_2 dy_A + L_3 dx_B + L_4 dy_B + L_5 dx_M + L_6 dy_M \\ &\quad + L_7 d\alpha + L_8 d\beta, \end{aligned} \tag{2}$$

und mit der üblichen Annahme, daß die Fehler voneinander unabhängige Größen seien, ergibt sich die Darstellung

$$\begin{aligned} m_x^2 &= K_1^2 m_{x_A}^2 + K_2^2 m_{y_A}^2 + K_3^2 m_{x_B}^2 + K_4^2 m_{y_B}^2 + K_5^2 m_{x_M}^2 \\ &\quad + K_6^2 m_{y_M}^2 + K_7^2 m_\alpha^2 + K_8^2 m_\beta^2, \\ m_y^2 &= L_1^2 m_{x_A}^2 + L_2^2 m_{y_A}^2 + L_3^2 m_{x_B}^2 + L_4^2 m_{y_B}^2 + L_5^2 m_{x_M}^2 \\ &\quad + L_6^2 m_{y_M}^2 + L_7^2 m_\alpha^2 + L_8^2 m_\beta^2. \end{aligned} \tag{3}$$

[1] *Ackerl*, Über den Rückwärtseinschnitt aus fehlerhaften Festpunkten. Schweizerische Zeitschrift für Vermessung und Kulturtechnik, 1948, Heft 2-4.