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

Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessungswesen und Kulturtechnik = Société suisse de la mensuration et du génie rural

Band: 48 (1950)

Heft: 9

Artikel: Zur Ausgleichung von trigonometrisch bestimmten Passpunkten für luftphotogrammetrische Kartierungen

Autor: Brandenberger, A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-207450

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Schweizerteil des Flughafens ist mit einer kreuzungsfreien Zollstraße von 25 m Breite, die beidseitig durch einen Zollhag gegen das französische Gebiet abgeschlossen ist, mit der Stadt Basel verbunden, wodurch die Schweizerzone des Flugplatzes zolltechnisch und überhaupt in jeder Beziehung schweizerischem Boden gleichgestellt ist. Der französische Teil des Flugplatzes, der genau symmetrisch zum Schweizerteil liegt, ist ebenfalls durch eine großzügig dimensionierte Zufahrt mit dem französischen Hauptstraßennetz verbunden. Das übrige Flugplatzareal innerhalb der Abfertigungsgebäude ist neutralisiert, d. h. als internationales Territorium anzusehen. Hier können Flugzeuge und Passagiere irgendeines Staates landen und weiterfliegen, ohne die schweizerischen oder französischen Zollstellen passieren zu müssen.

Die Baukosten belaufen sich inkl. Hochbauten, Zufahrtstraßen, elektrische Einrichtungen usw., jedoch ohne Landerwerb, der von Frankreich vollständig übernommen wird, auf Fr. 39 000 000.—. Die vermessungstechnischen Arbeiten, wie Triangulation, Präzisionsnivellement, Höhenaufnahmen, Absteckungen und Aufnahme des Besitzstandes erfolgte, in Zusammenarbeit mit den französischen Amtsstellen, durch das Vermessungsamt von Basel. Die Flugplatzprojekte wurden gemeinsam durch den Basler Kantonsingenieur und dem elsäßischen Oberingenieur, zusammen mit Flugsachverständigen ausgearbeitet. Der Betrieb des Flugplatzes geschieht durch beide Staaten gemeinsam, indem hiefür ein öffentlich-rechtliches Unternehmen „Flughafen Basel-Mülhausen" geschaffen worden ist. Acht französische und acht schweizerische Verwaltungsräte leiten das Unternehmen, während der kommerzielle und technische Flugbetrieb von einem schweizerischen Direktor und einem französischen Kommandanten besorgt werden. Die diesbezüglichen interessanten Staatsverträge wurden von den Regierungen von Frankreich und der Schweiz sowie den entsprechenden Parlamenten genehmigt. Die Arbeiten für den Großflugplatz Basel-Mülhausen konnten im Frühjahr dieses Jahres in Angriff genommen werden.

Zur Ausgleichung von trigonometrisch bestimmten Paßpunkten für luftphotogrammetrische Kartierungen

Von A. Brandenberger, Zürich

Die photogrammetrischen Methoden haben gegenüber den klassischen, terrestrischen Kartierungsmethoden unter anderem den Vorteil, daß die zeitraubende und mehr oder weniger vom Wetter abhängigen Feldarbeiten auf ein Minimum reduziert werden. Diese beschränken sich bei einer luftphotogrammetrischen Terrainaufnahme auf allfällige Signalisierungsarbeiten, Identifikation und Bestimmung von Paßpunkten. Diese letzteren sind sowohl notwendig bei der Einbild- wie bei der Doppelbildphotogrammetrie. Ihre Bestimmung erfolgt in neuerer Zeit vielfach mit Lufttriangulation. Jedoch kommt man auch bei dieser modern-

sten photogrammetrischen Methode ohne eine gewisse Anzahl terrestrisch bestimmter Paßpunkte nicht aus. Zudem ist darauf hinzuweisen, daß für großmaßstäbliche photogrammetrische Auswertungen, wie sie beispielsweise für Kataster und bautechnische Zwecke in Frage kommen, die mit Lufttriangulation erreichbare Genauigkeit im allgemeinen nicht genügt, so daß hier für jede Aufnahme – wenn es sich um Entzerrung handelt – bzw. für jedes Aufnahmepaar bei der stereophotogrammetrischen Auswertung, eine Anzahl von Paßpunkten mit terrestrischen Methoden zu bestimmen sind.

Die Genauigkeit dieser Paßpunktbestimmung richtet sich nach den speziellen Bedürfnissen, wobei vor allem auch der Kartierungsmaßstab maßgebend ist. Die Bestimmungsart hängt bis zu einem gewissen Grade ab von den vorhandenen geodätischen Grundlagen, d. h. von der Dichte der Triangulation. Als Methoden kommen dabei hauptsächlich in Betracht Polygonierung und trigonometrische Bestimmung.

In der Folge treten wir in erster Linie auf letztere Bestimmungsart ein. Diese kommt vor allem in Frage in gebirgigem Gelände, bzw. bei relativ geringer Punktdichte der vorhandenen Triangulation. Die zu bestimmenden Paßpunkte werden dabei zuerst im Gelände rekognosziert, worauf deren Bestimmung gewöhnlich entweder als Vorwärts- oder als Rückwärtseinschnitt erfolgt. Die hiefür benötigten Triangulationspunkte sind dabei entweder schon durch Signale markiert oder werden zum Zwecke der Paßpunktbestimmung je nach den Umständen mehr oder weniger sorgfältig signalisiert.

Da im Vergleich zu den Triangulationspunkten, an die Paßpunkte gewöhnlich geringere Genauigkeitsansprüche gestellt werden, begnügt man sich meistens mit einfacher Satzmessung. Dabei empfiehlt es sich aber immer, nicht nur die gerade notwendigen Messungen vorzunehmen, bzw. die gerade hinreichenden Richtungen zu bestimmen, sondern zusätzliche Kontrollmessungen vorzunehmen, bzw. zusätzliche Kontrollvisuren zu messen. Diese Kontrollen sollen, wenn immer möglich hinreichend sein. Daraus ergibt sich, daß sowohl ein Vorwärts- wie ein Rückwärtseinschnitt mindestens durch eine, besser aber durch zwei Kontrollvisuren, deren Richtungen möglichst von den Bestimmungsrichtungen des Punktes abweichen, kontrolliert werden sollen. Diese Kontrollvisuren geben einerseits Aufschluß über das Vorhandensein von allfälligen groben Fehlern und andererseits über die Genauigkeit mit der ein Paßpunkt aus den gerade hinreichenden Messungen, bzw. Visuren bestimmt ist. Diese letztere Art der Paßpunktbestimmung, bei der ein Paßpunkt aus einer gerade hinreichenden Anzahl von günstig gewählten, gemessenen Richtungen bestimmt wird, genügt genauigkeitstechnisch in vielen Fällen. Die zusätzlich gemessenen Kontrollrichtungen sollen jedoch dann gegenüber dem auf diese Weise bestimmten Paßpunkt Abweichungen aufweisen, die eine von Fall zu Fall zu wählende Toleranz nicht überschreiten.

Es kann nun aber vorkommen, daß sich bei der Berechnung zeigt, daß diese Toleranz nicht eingehalten ist, selbst dann nicht, wenn keine nachweisbar groben Fehler vorliegen. Dies tritt z. B. auf, wenn abnormal

lange Visuren vorliegen, oder wenn die Signalisierung der Triangulationspunkte nicht ganz einwandfrei ist. Liegt dieser Fall vor, so liegt eine mehr oder weniger strenge Ausgleichung der vorhandenen Messungen nahe.

In der Praxis sind verschiedene, vor allem graphische Ausgleichsverfahren, namentlich für den Vorwärtseinschnitt, bekannt. Es sei hier beispielsweise auf das Verfahren hingewiesen, das mit den Fehlerellipsen der Schnittpunkte der fehlerzeigenden Figur arbeitet.

In der Folge soll nun auf ein ähnliches graphisches Ausgleichsverfahren für Vor- und Rückwärtseinschnitt eingetreten werden, ohne die Theorie der Fehlerellipse vorauszusetzen.

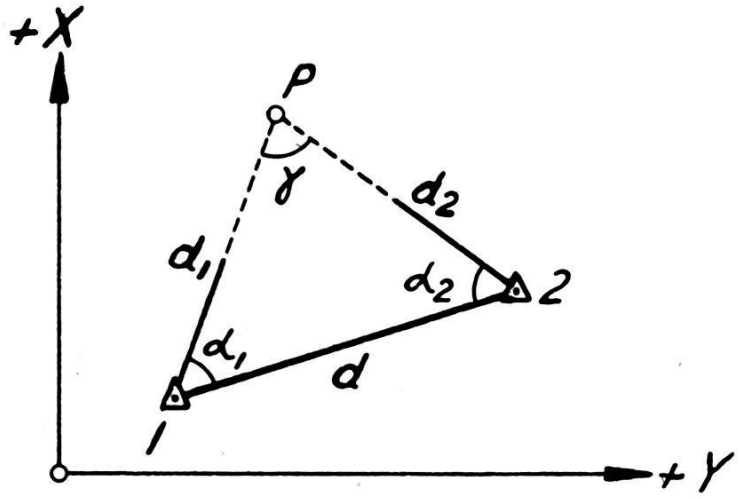

Fig. 1

Zur Erläuterung dieses Verfahrens nehmen wir nach Fig. 1 einen einfach vorwärts eingeschnittenen Punkt P an und stellen uns die Aufgabe, den mittleren Punktfehler ($m_s = \sqrt{m_Y^2 + m_X^2}$) des auf diese Weise bestimmten Punktes P zu bestimmen, wobei wir annehmen, daß die Punkte 1 und 2 (Triangulationspunkte) fehlerlos seien und die Winkel α_1 und α_2 mit derselben Genauigkeit (mittlerer Fehler $= m_\alpha$) gemessen worden seien.

Für die Landeskoordinaten Y und X des Punktes P erhält man:

$$\left.\begin{aligned} Y &= Y_1 + d_1 \sin \nu_{1P} \\ X &= X_1 + d_1 \cos \nu_{1P} \end{aligned}\right\} \quad \begin{aligned} \nu_{1P} &= \nu_{12} - \alpha_1 \\ \gamma &= 200^g - (\alpha_1 + \alpha_2) \end{aligned} \quad d_1 = \frac{\sin \alpha_2}{\sin \gamma} \cdot d \qquad (1)$$

Darin bedeuten Y_1 und X_1 die Landeskoordinaten des Punktes 1, d_1 die Distanz vom Punkt 1 nach dem Punkt P, ν_{12} die Neigung vom Punkt 1 nach dem Punkt 2, ν_{1P} die Neigung vom Punkt 1 nach dem Punkt P und d die Distanz zwischen den Punkten 1 und 2. Aus den Formeln (1) ergibt sich:

$$\left.\begin{aligned} Y &= Y_1 + \frac{d \sin \alpha_2 \cdot \sin (\nu_{12} - \alpha_1)}{\sin (\alpha_1 + \alpha_2)} \\ X &= X_1 + \frac{d \sin \alpha_2 \cdot \cos (\nu_{12} - \alpha_1)}{\sin (\alpha_1 + \alpha_2)} \end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

Durch partielle Differentiation der Formeln (2) nach α_1 und α_2 erhält man:

$$\left.\begin{aligned}
\frac{\partial Y}{\partial \alpha_1} &= -\frac{d \sin \alpha_2 \sin (\nu_{12} + \alpha_2)}{\sin^2 \gamma} \\
\frac{\partial Y}{\partial \alpha_2} &= \frac{d \sin \alpha_1 \sin (\nu_{12} - \alpha_1)}{\sin^2 \gamma} \\
\frac{\partial X}{\partial \alpha_1} &= -\frac{d \sin \alpha_2 \cos (\nu_{12} + \alpha_2)}{\sin^2 \gamma} \\
\frac{\partial X}{\partial \alpha_2} &= \frac{d \sin \alpha_1 \cos (\nu_{12} - \alpha_1)}{\sin^2 \gamma}
\end{aligned}\right\} \tag{3}$$

Daraus ergibt sich:

$$m_s^2 = m_Y^2 + m_X^2 = \left[\left(\frac{\partial Y}{\partial \alpha_1}\right)^2 + \left(\frac{\partial Y}{\partial \alpha_2}\right)^2 + \left(\frac{\partial X}{\partial \alpha_1}\right)^2 + \left(\frac{\partial X}{\partial \alpha_2}\right)^2\right] m_\alpha^2$$

$$m_s^2 = \frac{d_1^2 + d_2^2}{\sin^2 \gamma} m_\alpha^2 \tag{4}$$

Da für $m_\alpha = 1$ gesetzt werden kann, erhält man aus der Formel (4) für das Gewicht:

$$\boxed{p_s = \frac{\sin^2 \gamma}{d_1^2 + d_2^2}} \tag{5}$$

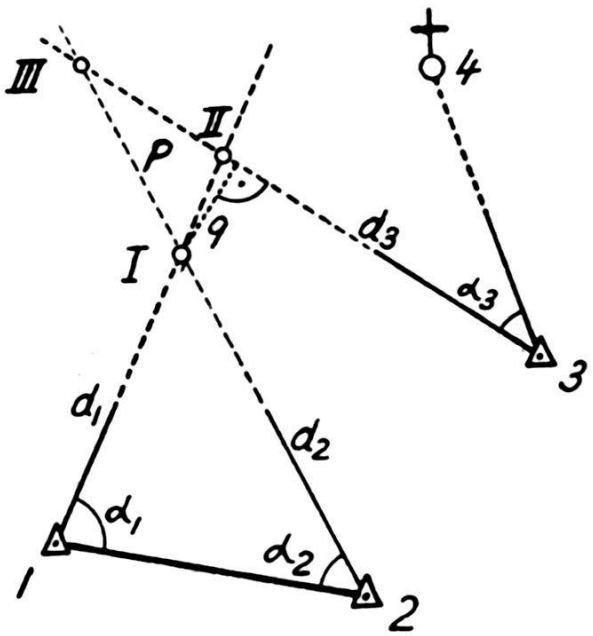

Fig. 2

Die Formel (5), die auch mittels der Theorie der Fehlerellipse abgeleitet werden kann, gestattet es nun, die Gewichte der Lösungen I, II, III usw. (siehe Fig. 2) auf sehr einfache Weise graphisch zu bestimmen.

Zur Erläuterung dieses Vorgehens setzen wir voraus, daß der Punkt P mittels der Visuren d_1 und d_2 berechnet worden sei (Lösung I). Diese tragen wir in einem rechtwinkligen, dem Landeskoordinatensystem ent-

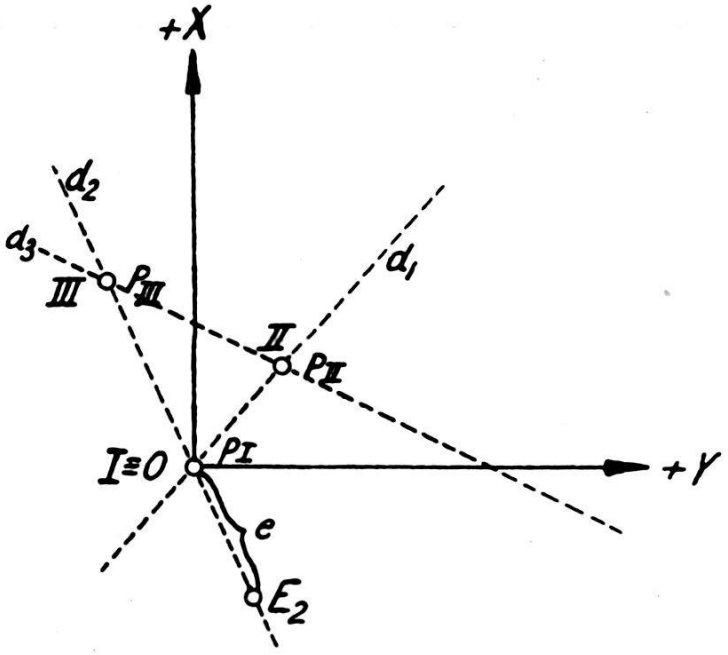

Fig. 3a

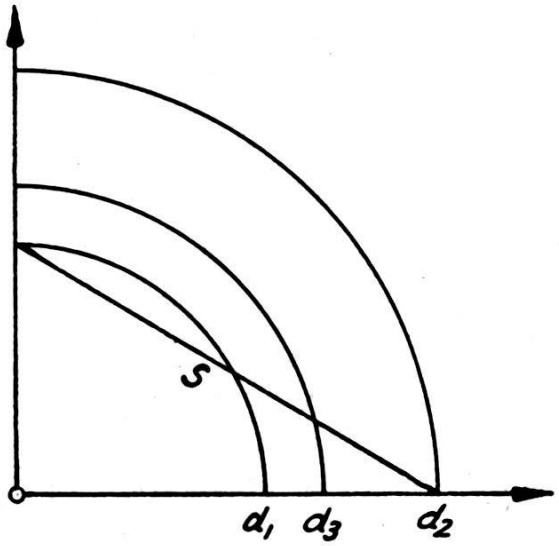

Fig. 3b

sprechenden, Koordinatensystem so auf (siehe Fig. 3a), daß sie durch den Koordinatenursprung gehen, und ihre Richtungen entsprechend orientiert sind. Die Kontrollvisur d_3 schneidet die Visuren d_1 und d_2 in den Punkten II und III, was zu zwei weiteren Lösungen führt. Die Querabweichung q der Visur d_3 gegenüber dem Punkt I kann ohne weiteres berechnet werden, womit sich die Visur d_3 in der Fig. 3a einzeichnen läßt. Der Maßstab dieser Figur richtet sich nach der gewünschten

Genauigkeit. Zur Bestimmung des Gewichtes der Lösung I trägt man nun vom Punkt I aus auf einer der beiden Bestimmungsvisuren eine Einheitsstrecke e ab. Hierauf wird mit dem Rechenschieber der Abstand vom Punkt E_2 auf die andere Bestimmungsvisur gemessen, was der Wurzel des Zählers der Formel (5) entspricht. Dieser Wert wird auf der Teilung T_1 des Rechenschiebers (siehe Fig. 4) mit dem Strich des Läufers eingestellt. Hierauf greift man aus der Fig. 3b, in der die Distanzen der

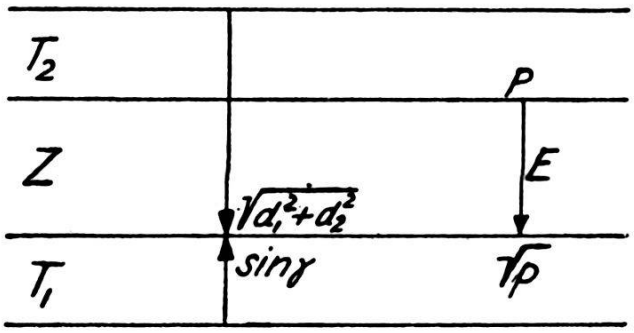

Fig. 4

Punkte 1, 2, 3 usw. vom Punkt P im geeigneten Maßstab kreisförmig aufgetragen sind, direkt den Betrag $s = \sqrt{d_1^2 + d_2^2}$ ab, was der Wurzel des Nenners der Formel (5) entspricht. Dieser Betrag wird am Rechenschieber so eingestellt, daß er auf der Zunge Z unter dem Läuferstrich erscheint. Am Ende E der Teilung der Zunge liest man dann auf der Teilung T_1 den Wert für $\sqrt{p}$ und auf der Quadratteilung T_2 direkt das Gewicht der Lösung I ab. Diesen Wert schreibt man in der Fig. 3a zum Punkt I. Auf die gleiche Art werden die Gewichte der Lösungen II und III, unter Verwendung der gleichen Einheitsstrecke e, bestimmt und angeschrieben. Diese Art der Gewichtsbestimmung geht sehr rasch; sie dauert für eine Gewichtsbestimmung nicht länger als ca. eine halbe Minute, wenn die Figuren 3a und 3b einmal gezeichnet sind.

(Schluß folgt.)

Bericht über die Jahresversammlung des Schweiz. Vereins für Vermessungswesen und Kulturtechnik

2. und 3. September 1950, in Schaffhausen

Vorgängig der Jahresversammlung und den anschließenden gesellschaftlichen Anlässen fanden am Samstag, den 2. September eine Präsidentenkonferenz und je eine Versammlung der Gruppe der freierwerbenden Grundbuchgeometer und der Beamten-Grundbuchgeometer im Restaurant Tiergarten in Schaffhausen statt. Da über diese geschäftlichen Tagungen die Protokolle die notwendigen Angaben wiedergeben werden, tritt der Berichterstatter hier nicht auf sie ein. Nach 16 Uhr begann die gut besuchte Jahresversammlung des S. V. V. K. in der Rat-