

**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:** 45 (1947)

**Heft:** 11

**Artikel:** Elementare Ableitung der Fehlertheorie der gegenseitigen Orientierung [Schluss]

**Autor:** Bachmann, W.K.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-204734>

### **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:** 02.04.2026

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

SCHWEIZERISCHE ZEITSCHRIFT FÜR  
**VERMESSUNG UND KULTURTECHNIK**

**Revue technique Suisse des Mensurations et du Génie rural**

Herausgeber: Schweiz. Verein für Vermessungswesen und Kulturtechnik. Offiz. Organ der Schweiz. Gesellschaft f. Photogrammetrie

Editeur: Société Suisse de Mensuration et du Génie rural. Organe officiel de la Société Suisse de Photogrammétrie

**REDAKTION:** Dr. h. c. C. F. BAESCHLIN, Professor, Zollikon (Zürich)

Ständiger Mitarbeiter f. Kulturtechnik: E. RAMSER, Prof. f. Kulturtechnik ETH., Freiestr. 72, Zürich

Redaktionsschluß: Am 1. jeden Monats

Expedition, Administration und Inseratenannahme: BUCHDRUCKEREI WINTERTHUR AG.

Schluß der Inseratenannahme am 6. jeden Monats

|  |   |
|--|---|
| <p style="text-align: center;"><b>NR. 11 • XLV. JAHRGANG</b></p> <p>der „Schweizerischen Geometer-Zeitung“<br/>Erscheinend am 2. Dienstag jeden Monats<br/><b>11. NOVEMBER 1947</b></p> <p><b>INSERATE:</b> 25 Rp. per einspalt. mm-Zelle.<br/>Bei Wiederholungen Rabatt gemäß spez. Tarif</p> | <p style="text-align: center;"><b>ABONNEMENTE:</b></p> <p>Schweiz Fr. 15.—, Ausland Fr. 20.— jährlich<br/>Für Mitglieder der Schweiz. Gesellschaft für<br/>Photogrammetrie Fr. 10.— jährlich<br/>Unentgeltlich für Mitglieder des Schweiz.<br/>Vereins f. Vermessungswesen u. Kulturtechnik</p> |
|--|---|

## Elementare Ableitung der Fehlertheorie der gegenseitigen Orientierung

von Prof. Dr. W. K. Bachmann

(Schluß)

Wir wollen jetzt noch die wahren Restparallaxen in den 6, zur gegenseitigen Orientierung verwendeten, Punkten berechnen, was durch Einführung der wahren Fehler  $(bz_B)_M - (bz_B)_0$ ,  $(\varphi_B)_M - (\varphi_B)_0$  usw. der Unbekannten in die Parallaxengleichungen geschehen kann. Wir erhalten so, wenn wir diese Parallaxen mit dem Index  $M$  bezeichnen,

$$pv_1 = -bd\kappa_B - dby_B + hdw_B$$

$$(pv_1)_M = -b \left\{ (\kappa_B)_M - (\kappa_B)_0 \right\} - \left\{ (by_B)_M - (by_B)_0 \right\} + h \left\{ (w_B)_M - (w_B)_0 \right\}.$$

Berücksichtigen wir nun die Gleichungen (3), (4) und (5), so finden wir

$$(pv_1)_M = + (v_1 - v_2') + v_2' - \frac{h^2}{a^2} \left\{ \frac{v_4' + v_6' - 2v_2}{2} \right\} + \frac{h^2}{a^2} \left\{ \frac{v_4' + v_6' - 2v_2}{2} \right\}$$

(6)

$$(pv_1)_M = + v_1$$

$$(pv_2)_M = - \{ (by_B)_M - (by_B)_0 \} + h \{ (w_B)_M - (w_B)_0 \}$$

$$(pv_2)_M = + v_2' - \frac{h^2}{a^2} \left\{ \frac{v_4' + v_6' - 2v_2}{2} \right\} + \frac{h^2}{a^2} \left\{ \frac{v_4' + v_6' - 2v_2}{2} \right\}$$

(7)

$$(pv_2)_M = + v_2'$$

$$pv_3 = - bd\kappa_B - dby_B + h \left( 1 + \frac{a^2}{h^2} \right) dw_B - \frac{ab}{h} d\varphi_B + \frac{a}{h} dbz_B$$

$$(pv_3)_M = \begin{cases} (+v_1 - v_2') + v_2' - \frac{h^2}{a^2} \left\{ \frac{v_4' + v_6' - 2v_2}{2} \right\} + \frac{-v_4 + v_6 + v_3 - v_1}{2} \\ + \frac{h^2}{a^2} \left( 1 + \frac{a^2}{h^2} \right) \left\{ \frac{v_4' + v_6' - 2v_2}{2} \right\} + \frac{v_4 - v_6}{2} \end{cases}$$

$$(pv_3)_M = v_1 + \frac{v_3 - v_5}{2} + \frac{v_4' + v_6' - 2v_2}{2}$$

(8)

$$(pv_3)_M = \frac{v_3 - v_5 + v_4' + v_6'}{2} + v_1 - v_2$$

$$pv_4 = - dby_B + h \left( 1 + \frac{a^2}{h^2} \right) dw_B + \frac{a}{h} dbz_B$$

$$(pv_4)_M = \begin{cases} + v_2' - \frac{h^2}{a^2} \left\{ \frac{v_4' + v_6' - 2v_2}{2} \right\} + \frac{v_4 - v_6}{2} \\ + \frac{h^2}{a^2} \left( 1 + \frac{a^2}{h^2} \right) \left\{ \frac{v_4' + v_6' - 2v_2}{2} \right\} \end{cases}$$

(9)

$$(pv_4)_M = \frac{v_4 - v_6 + v_4' + v_6'}{2} + v_2' - v_2$$

$$pv_5 = - bd\kappa_B - dby_B + h \left( 1 + \frac{a^2}{h^2} \right) dw_B + \frac{ab}{h} d\varphi_B - \frac{a}{h} dbz_B$$

$$(pv_5)_M = \begin{cases} + v_1 - v_2' + v_2' - \frac{h^2}{a^2} \left\{ \frac{v_4' + v_6' - 2v_2}{2} \right\} + \frac{v_6 - v_4}{2} \\ + \frac{h^2}{a^2} \left( 1 + \frac{a^2}{h^2} \right) \left\{ \frac{v_4' + v_6' - 2v_2}{2} \right\} + \frac{v_4 - v_6 + v_5 - v_3}{2} \end{cases}$$

(10)

$$(pv_5)_M = \frac{v_5 - v_3 + v_4' + v_6'}{2} + v_1 - v_2$$

$$pv_6 = - dby_B + h \left( 1 + \frac{a^2}{h^2} \right) dw_B - \frac{a}{h} dbz_B$$

$$(pv_6)_M = \left\{ \begin{array}{l} + v_2' - \frac{h^2}{a^2} \left\{ \frac{v_4' + v_6' - 2v_2}{2} \right\} + \frac{v_6 - v_4}{2} \\ + \frac{h^2}{a^2} \left( 1 + \frac{a^2}{h^2} \right) \left\{ \frac{v_4' + v_6' - 2v_2}{2} \right\} \end{array} \right.$$

(11)

$$(pv_6)_M = \frac{v_6 - v_4 + v_6' + v_4'}{2} + v_2' - v_2$$

Wir haben die hier erhaltenen Resultate in der nachfolgenden Tabelle I zusammengestellt, und zwar auf gleiche Art, wie es teilweise von Prof. Kasper schon gemacht worden ist.

Anhand dieser Tabelle können wir nun, durch Anwendung des Fehlerfortpflanzungsgesetzes, die mittleren Fehler  $\mu_{\varphi_B}$ ,  $\mu_{bz_B}$  usw. der Orientierungsunbekannten, sowie die mittleren Restparallaxen  $\mu_{pv_1} \dots \mu_{pv_6}$  berechnen, sobald wir den mittleren Fehler  $\mu$  der Gewichtseinheit, das heißt, den mittleren Fehler des Wegstellens einer Vertikalparallaxe im *Objektraum*, kennen. Man erhält so

$$\mu^2 bz_B = \left\{ \frac{1}{4} \frac{h^2}{a^2} + \frac{1}{4} \frac{h^2}{a^2} \right\} \mu^2 = \frac{1}{2} \frac{h^2}{a^2} \mu^2$$

und der Gewichtskoeffizient  $Q_{bz_B} bz_B$  von  $bz_B$  wird somit

(12)

$$Q_{bz_B} bz_B = \frac{\mu^2 bz_B}{\mu^2} = \frac{1}{2} \frac{h^2}{a^2}$$

Die weiteren Gleichungen der Tabelle I ergeben sodann

$$\mu^2 \varphi_B = \left\{ \frac{1}{4} \frac{h^2}{a^2 b^2} + \frac{1}{4} \frac{h^2}{a^2 b^2} + \frac{1}{4} \frac{h^2}{a^2 b^2} + \frac{1}{4} \frac{h^2}{a^2 b^2} \right\} \mu^2$$

(13)

$$Q_{\varphi_B} \varphi_B = \frac{h^2}{a^2 b^2}$$

Tabelle I

| Gl. No. | Wahre Vertikalparallaxen — Beobachtungsfehler |               |                    |                            |                             |                             |                             |                |                                |                                |  |
|---------|---|---------------|--------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------|--------------------------------|--------------------------------|--|
|         |   | $v_1$         | $v_2$              | $v_3$                      | $v_4$                       | $v_5$                       | $v_6$                       | $v_2'$         | $v_4'$                         | $v_6'$                         |  |
| (1)     | $(bz_B)_M - (bz_B)_0 =$                       | .             | .                  | $\frac{1}{2} \frac{h}{a}$  | $+\frac{1}{2} \frac{h}{a}$  | .                           | $-\frac{1}{2} \frac{h}{a}$  | .              | .                              | .                              |  |
| (2)     | $(\varphi_B)_M - (\varphi_B)_0 =$             | .             | .                  | $\frac{1}{2} \frac{h}{ab}$ | $+\frac{1}{2} \frac{h}{ab}$ | $+\frac{1}{2} \frac{h}{ab}$ | $-\frac{1}{2} \frac{h}{ab}$ | .              | .                              | .                              |  |
| (3)     | $(w_B)_M - (w_B)_0 =$                         | .             | $-\frac{h}{a^2}$   | .                          | .                           | .                           | .                           | .              | $+\frac{1}{2} \frac{h}{a^2}$   | $+\frac{1}{2} \frac{h}{a^2}$   |  |
| (4)     | $(by_B)_M - (by_B)_0 =$                       | .             | $-\frac{h^2}{a^2}$ | .                          | .                           | .                           | .                           | $-1$           | $+\frac{1}{2} \frac{h^2}{a^2}$ | $+\frac{1}{2} \frac{h^2}{a^2}$ |  |
| (5)     | $(\kappa_B)_M - (\kappa_B)_0 =$               | $\frac{1}{b}$ | .                  | .                          | .                           | .                           | .                           | $+\frac{1}{b}$ | .                              | .                              |  |
| (6)     | $(pv_1)_M$                                    | $+1$          | .                  | .                          | .                           | .                           | .                           | .              | .                              | .                              |  |
| (7)     | $(pv_2)_M$                                    | .             | .                  | .                          | .                           | .                           | .                           | $+1$           | .                              | .                              |  |
| (8)     | $(pv_3)_M$                                    | $+1$          | $-1$               | $+\frac{1}{2}$             | .                           | $-\frac{1}{2}$              | .                           | .              | $+\frac{1}{2}$                 | $+\frac{1}{2}$                 |  |
| (9)     | $(pv_4)_M$                                    | .             | $-1$               | .                          | $+\frac{1}{2}$              | .                           | $-\frac{1}{2}$              | $+1$           | $+\frac{1}{2}$                 | $+\frac{1}{2}$                 |  |
| (10)    | $(pv_5)_M$                                    | $+1$          | $-1$               | $-\frac{1}{2}$             | .                           | $+\frac{1}{2}$              | .                           | .              | $+\frac{1}{2}$                 | $+\frac{1}{2}$                 |  |
|         |   |               |                    | $1$                        | $1$                         | $1$                         | $1$                         |                | $1$                            | $1$                            |  |

$$(14) \quad Q_{w_B w_B} = \frac{3}{2} \frac{h^2}{a^4} \quad Q_{by_B by_B} = 1 + \frac{3}{2} \frac{h^4}{a^4} \quad Q_{\kappa_B \kappa_B} = \frac{2}{b^2}$$

$$\mu^2 p_{v_1} = \mu^2 \quad \dots \quad Q_{p_{v_1} p_{v_1}} = 1.$$

Aus den Gleichungen (6) bis (11) erhalten wir somit

$$(15) \quad \begin{aligned} Q_{p_{v_1} p_{v_1}} &= 1 & Q_{p_{v_2} p_{v_2}} &= 1 \\ Q_{p_{v_3} p_{v_3}} &= Q_{p_{v_4} p_{v_4}} = Q_{p_{v_5} p_{v_5}} = Q_{p_{v_6} p_{v_6}} &= 3. \end{aligned}$$

Jetzt fehlen uns aber noch die Korrelationskoeffizienten der Orientierungsunbekannten. Auch da kann man, wenn man unbedingt die symbolische Gewichtsrechnung vermeiden will, mit dem Fehlerfortpflanzungsgesetz durchkommen. Zu diesem Zwecke gehen wir folgendermaßen vor: Es sei

$$(16) \quad \xi = x + y$$

eine Funktion der *abhängigen* Unbekannten  $x$  und  $y$ , welche zum Beispiel durch vermittelnde Ausgleichung von Beobachtungen, oder auf eine beliebige andere Art, bestimmt worden sind. Wie dem auch sei, man hat immer die gut bekannte Formel

$$\mu^2 \xi = (Q_{xx} + 2 Q_{xy} + Q_{yy}) \mu^2$$

oder

$$(17) \quad Q_{\xi\xi} = Q_{xx} + 2 Q_{xy} + Q_{yy}$$

die in jedem Falle richtig ist. Wir erhalten somit für  $Q_{xy}$  den Wert

$$Q_{xy} = \frac{1}{2} \left\{ Q_{\xi\xi} - Q_{xx} - Q_{yy} \right\} \quad \text{oder}$$

$$(18) \quad Q_{xy} = \frac{1}{2} \left\{ Q_{(x+y)(x+y)} - Q_{xx} - Q_{yy} \right\}.$$

Um zum Beispiel  $Q_{\varphi_B b z_B}$  zu berechnen, bilden wir zuerst die Funktion  $d\varphi_B + dbz_B$ ; die ersten beiden Gleichungen der Tabelle I ergeben

$$d\varphi_B + dbz_B = \left\{ (\varphi_B)_M - (\varphi_B)_0 \right\} + \left\{ (bz_B)_M - (bz_B)_0 \right\}$$

$$d\varphi_B + dbz_B = -\frac{1}{2} \frac{h}{ab} (v_3 - v_5) + \frac{1}{2} \frac{h}{ab} (1 + b) (v_4 - v_6)$$

$$Q(\varphi_B + bz_B)(\varphi_B + bz_B) = \frac{1}{4} \frac{h^2}{a^2 b^2} \cdot 2 + \frac{1}{4} \frac{h^2}{a^2 b^2} (1 + 2b + b^2) 2$$

$$Q(\varphi_B + bz_B)(\varphi_B + bz_B) = \frac{1}{2} \frac{h^2}{a^2 b^2} \{2 + 2b + b^2\}$$

$$Q_{\varphi_B bz_B} = \frac{1}{2} \left\{ Q(\varphi_B + bz_B)(\varphi_B + bz_B) - Q_{\varphi_B \varphi_B} - Q_{bz_B bz_B} \right\}$$

Werden in dieser Formel die gefundenen Werte für  $Q_{\varphi_B \varphi_B}$ ,  $Q_{bz_B bz_B}$  und  $Q(\varphi_B + bz_B)(\varphi_B + bz_B)$  eingeführt, so erhält man

$$Q_{\varphi_B bz_B} = \frac{1}{4} \frac{h^2}{a^2 b^2} \{2 + 2b + b^2\} - \frac{1}{2} \frac{h^2}{a^2 b^2} - \frac{1}{4} \frac{h^2}{a^2}$$

$$Q_{\varphi_B bz_B} = + \frac{1}{2} \frac{h^2}{a^2 b} + \frac{1}{4} \frac{h^2 b^2}{a^2 b^2} - \frac{1}{4} \frac{h^2}{a^2}$$

(19)

$$Q_{\varphi_B bz_B} = + \frac{1}{2} \frac{h^2}{a^2 b}$$

Auf genau gleiche Art können die andern Korrelationskoeffizienten der Unbekannten, sowie auch diejenigen der Vertikalparallaxen, berechnet werden. Da diese Bestimmung nun keine Schwierigkeiten mehr bietet, wollen wir sie dem Leser überlassen. Die Resultate, welche man so erhält, stimmen mit denjenigen, die ich früher gegeben habe, überein.

Wir haben somit alle Formeln auf elementarem Wege, lediglich unter Anwendung des Fehlerfortpflanzungsgesetzes, abgeleitet. Vergleicht der Leser aber diese Entwicklungen mit denjenigen, welche ich früher in der eingangs zitierten Publikation angegeben habe, so wird er konstatieren müssen, daß die symbolische Gewichtsrechnung halt doch bequemer und einfacher zum Ziele führt, als das Fehlerfortpflanzungsgesetz. Um jeden Zweifel wegzuschaffen, wollen wir noch kurz zeigen, wie  $Q_{\varphi_B bz_B}$  mit Hilfe der symbolischen Gewichtsrechnung im vorliegenden Falle bestimmt werden kann. Die Tabelle I gibt uns, wenn wir die ersten beiden Gleichungen ins Auge fassen,

$$Q_{\varphi_B} = + \frac{1}{2} \frac{h}{ab} (-Q_{v_3} + Q_{v_4} + Q_{v_5} - Q_{v_6})$$

$$Q_{bz_B} = + \frac{1}{2} \frac{h}{a} ( \quad + Q_{v_4} \quad - Q_{v_6} )$$

---


$$Q_{\varphi_B bz_B} = + \frac{1}{4} \frac{h^2}{a^2 b} ( \quad + 1 \quad + 1 ) = + \frac{1}{2} \frac{h^2}{a^2 b}$$


---

und schon steht das fertige Resultat da.



Die elementare Ableitung der Fehlertheorie der gegenseitigen Orientierung, die von Prof. Kasper, in einer etwas andern Form, publiziert worden ist, wird bestimmt vielen Fachleuten das Studium dieses Problem es beträchtlich erleichtern oder erst ermöglichen. Dagegen wird sich der mit den modernen Theorien vertraute Fehlertheoretiker, zu denen bestimmt auch Prof. Kasper zu zählen ist, sowie der junge Student, der frühzeitig genug in die symbolische Gewichtsberechnung eingeführt worden ist, eher der symbolischen Berechnung, oder besser noch einer Kombination der beiden Methoden zuwenden, wenn er die größtmögliche Einfachheit und Allgemeinheit seiner Entwicklungen anstrebt. Im übrigen steht es jedem frei, diejenige Rechenmethode zu verwenden, die ihm am besten paßt. Die Hauptsache ist ja, daß wir nun wissen, *wie* dieses Problem *korrekt* gelöst werden kann, und da bildet der gedanklich neue Beweis von Prof. Kasper eine recht willkommene Verifikation der Resultate, welche ich früher auf ganz andere Art erhalten habe.

Handelt es sich jedoch lediglich darum, ein bestimmtes Orientierungsverfahren fehlertheoretisch zu beurteilen, ohne die Gewichts- und Korrelationskoeffizienten der Unbekannten berechnen zu wollen, so muß man unbedingt dem Rechenverfahren Prof. Kaspers den Vorzug geben.

## **Die magnetische Deklination als vermessungstechnisches Orientierungsmittel**

(Schluß)

### *2. Instrumentelles*

Wenn eingangs von Bussolentheodoliten deutscher und schweizerischer Herkunft, mit Ablesegenauigkeiten von ca. 1 Min. (a. Tlg.) die Rede war, so läßt dies darauf schließen, daß Konjunktur und Bedürfnis diesen Instrumententypus gerufen haben. Der renditenverpflichteten Privatindustrie muß das Zeugnis ausgestellt werden, feinstes Fingerspitzengefühl für wirtschaftliche Gegebenheiten zu entwickeln. Wo Reichenbach'sche Distanzmessung mit Vertikallatte genügt, wird nicht Präzisionsdistanzmessung mit Horizontallatte ausgeführt; wo Bussolenzüge mit Sprungständen und einem Gehülfen zum Ziele führen, wird nicht mit zweien gearbeitet und auf allen Punkten gemessen – und wo gar der Meßtisch mit graphischer Wiedergabe der Meßresultate Innehaltung der Toleranzen verspricht, wird sicher die teure Koordinatenrechnung gerne umgangen. Es ist also ganz unzweifelhaft, daß der Einsatz guter Bussolentinstrumente für topographische Belange sehr bedeutsam ist. Hunderte von Beobachtungsserien mit Röhren-Koinzidenz-Bussole (Kern-Prinzip), Fig. 3a und 3 b) und magnetischem Vollkreis (Wild-Prinzip) haben den Beweis erbracht, daß wir tatsächlich bei einem mittleren Nadel-Einstellfehler von ca. 1 Min. a. Tlg. angelangt sind. Erinnern wir uns indessen der reichen Variationen einer Deklinationskurve, so verwundern wir uns