

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 71/72 (1918)  
**Heft:** 18

**Artikel:** Genauigkeit graphischer Triangulation  
**Autor:** Kobelt, Karl  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-34839>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 07.01.2025

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

dass die Schaltung sich immer mit der geforderten Sicherheit vollzieht. Der Quecksilber-Umschalter ist mit ungefähr zwei Millionen Schaltungen, immer auf dieselben Glühlampen wirkend, ausprobiert worden.

An Stelle von Umschaltern können auch Ausschalter gewählt werden, wovon einer pro Wagen genügt, wenn es möglich ist, dessen Betätigung durch den Kondukteur von jeder beliebigen Stelle des Wagens aus vorzunehmen. Diese Anordnung ruft jedoch einem ziemlich komplizierten Antriebsmechanismus, der sich auf die ganze Wagenlänge zu erstrecken hätte. Die Städtische Strassenbahn Zürich hat es deshalb vorgezogen, in jedem Wagen zwei Umschalter, je einen an jeder Zwischenwand, einzubauen. Der eine davon besitzt eine durch das Wageninnere verlängerte Drehaxe, die es ermöglicht, die Signalgebung auch von mehreren Stellen des Innern aus zu betätigen.

Nachdem die Lichtsignalvorrichtung mit Quecksilber-Umschaltern während mehrerer Monate bei einer Wagenkomposition der Linie 4, bestehend aus Motorwagen und zwei Anhängewagen, probeweise im Gebrauch gestanden hat, wird ihre Anwendung zunächst auf sämtliche Motor- und Anhängewagen der Linie 4, sowie auf die für die Städtische Strassenbahn Zürich im Bau befindlichen neuen 20 Motorwagen und 18 Anhängewagen ausgedehnt.

Die ganze neuartige Einrichtung funktioniert mit verblüffender Einfachheit und Sicherheit; sie ist zum Patent angemeldet.

### Genauigkeit graphischer Triangulation.

Von Dr. Ing. Karl Kobelt, St. Gallen.

(Schluss von Seite 158.)

#### C. Der mittlere Höhenfehler bei graphisch eingeschrittenen Punkten.

Die Höhe des Punktes P wird bestimmt aus dem arithmetischen Mittel der Höhenunterschiede nach den Punkten A, B, C...

Höhenunterschied  $h = d \cdot tg \varphi$   
(Abb. 18).

Bei fehlerhafter Lagebestimmung des Punktes P werden auch die Distanzen d nach den Ausgangspunkten A, B, C... fehlerhaft sein. Es ergeben sich somit ungleiche

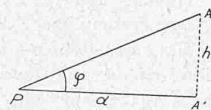


Abb. 18.

Werte für h. Bei der Höhenbestimmung zeigen sich dann deutlich die Fehler in der Lage-Ermittlung von P. Der mittlere Höhenfehler  $M_h$  ergibt sich aus dem Gauss'schen Fehlerfortpflanzungsgesetz:

$$M_h^2 = \left(\frac{\partial h}{\partial d}\right)^2 M_d^2 + \left(\frac{\partial h}{\partial \varphi}\right)^2 M_\varphi^2$$

$$M_h^2 = tg^2 \varphi M_d^2 + d^2 (1 + tg^2 \varphi)^2 M_\varphi^2$$

Der mittlere Distanzfehler  $M_d$  hängt seinerseits ab von dem mittlern Fehler der graphisch bestimmten Station und von dem mittlern Abgreif-Fehler bei der Erhebung von d auf dem Messtischblatt.

Es ist hier daran zu erinnern, dass der mittlere Punktfehler  $M = \sqrt{M_x^2 + M_y^2}$  nach allen Richtungen gleich gross vorausgesetzt wird. Im allgemeinen Fall liegen aber die Endpunkte der in allen Richtungen aufgetragenen mittleren Fehler des Punktes nicht auf einem Kreis, sondern auf der Fusspunktcurve für die Fehlerellipse. Diese Fusspunktcurve wird nur für den speziellen Fall, dass die Fehlerellipse ein Kreis ist, auch zum Kreis.

Der vorgeschlagenen Genauigkeitsgrenze für die Lagebestimmung des graphisch bestimmten Punktes  $M_{zul} = 0,3 \text{ mm}$  entspricht ein Mittelwert:

$$M_{(M^{2a})} = \frac{0,3}{\sqrt{2}} = 0,212 \text{ mm.}$$

Der mittlere Abgreif-Fehler des Punktes wird zu  $\pm 0,1 \text{ mm}$  angenommen. Daraus folgt der mittlere Abgreif-Fehler einer Strecke:

$$a_s = \sqrt{0,1^2 + 0,1^2} \sqrt{0,02} = \pm 0,141 \text{ mm.}$$

Der maximale, bzw. der zulässige Abgreif-Fehler der Strecke wird als das Doppelte des mittleren vorausgesetzt,  $a_s \text{ zulässig} = \pm 0,282 \text{ mm.}$

Da ferner nach obigem  $M_{(M^{2a})} \text{ zulässig} = \pm 0,212 \text{ mm}$ , so wird der zulässige Distanzfehler:

$$M_d \text{ zulässig} = \sqrt{0,282^2 + 0,212^2} = \pm 0,35 \text{ mm}$$

Um einerseits einen Ueberblick über die Genauigkeits-Verhältnisse in der Höhenbestimmung bei verschiedenen Werten von  $\varphi$ , d und  $M_d$  zu erhalten, andererseits um für einen beliebigen Fall auf dem Felde ohne Mühe den entsprechenden mittleren Fehler in der Höhenbestimmung des graphisch triangulierten Punktes zu erkennen, stellen wir eine Tabelle für  $M_h$  auf.

Bei deren Berechnung wird zweckmässig der mittlere Distanzfehler  $M_d$  in eine Funktion des mittleren Punktfehlers M (oder  $M_{(M^{2a})}$ ) umgewandelt, damit bei der Anwendung der Tabelle die nach früheren Angaben zu

Tabelle für den mittleren Höhenfehler  $M_h$

M	mm	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
$M_{(M^{2a})}$	mm	0,035	0,071	0,106	0,142	0,177	0,212	0,248	0,283	0,318	0,354
$M_d$	mm	0,146	0,158	0,177	0,201	0,226	0,255	0,286	0,316	0,347	0,381
1:50 000	m	7,3	7,9	8,9	10,0	11,3	12,8	14,3	15,8	17,4	19,1
<b>d</b>	$\varphi^0$										
(Km)											
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7
	3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0
	4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
	5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,5	1,7
0	6	0,8	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,9	2,0
	7	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	1,9	2,1	2,4
	8	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7
	9	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0	2,3	2,5	2,8	3,0
	10	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0	2,3	2,5	2,8	3,1	3,4
	12	1,6	1,7	1,9	2,1	2,4	2,7	3,0	3,4	3,7	4,1
	14	1,8	2,0	2,2	2,5	2,8	3,2	3,6	3,9	4,3	4,8
	16	2,1	2,3	2,6	2,9	3,3	3,7	4,1	4,5	5,0	5,5
	18	2,4	2,6	2,9	3,3	3,7	4,2	4,7	5,1	5,7	6,2
	20	2,7	2,9	3,2	3,6	4,1	4,7	5,2	5,8	6,3	7,0
1	0	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	2	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7
	3	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,0
	4	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,0	1,1	1,4
	5	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7
	6	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1
	7	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4
	8	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7
	9	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8	2,1	2,3	2,5	2,8	3,0
	10	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0	2,3	2,5	2,8	3,1	3,4
	12	1,6	1,7	1,9	2,2	2,4	2,7	3,1	3,4	3,7	4,1
	14	1,8	2,0	2,2	2,5	2,8	3,2	3,6	4,0	4,4	4,8
	16	2,1	2,3	2,6	2,9	3,3	3,7	4,1	4,6	5,0	5,5
	18	2,4	2,6	2,9	3,3	3,7	4,2	4,7	5,2	5,7	6,2
	20	2,7	2,9	3,3	3,7	4,1	4,7	5,2	5,8	6,3	7,0
2	0	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
	1	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7
	2	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9
	3	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2
	4	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
	5	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8
	6	1,0	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1
	7	1,1	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4
	8	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,8
	9	1,3	1,4	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,1
	10	1,4	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	2,9	3,1	3,4
	12	1,7	1,8	2,0	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4	3,8	4,1
	14	1,9	2,1	2,3	2,6	2,9	3,3	3,6	4,0	4,4	4,8
	16	2,2	2,4	2,6	2,9	3,3	3,7	4,2	4,6	5,0	5,5
	18	2,5	2,6	3,0	3,3	3,7	4,2	4,7	5,2	5,7	6,3
	20	2,7	3,0	3,3	3,7	4,2	4,7	5,3	5,8	6,4	7,0

M	mm	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	
$M(M^2\alpha)$	mm	0,035	0,071	0,106	0,142	0,177	0,212	0,248	0,283	0,318	0,354	
$M_d$	mm	0,146	0,158	0,177	0,201	0,226	0,255	0,286	0,316	0,347	0,381	
1:50 000	m	7,3	7,9	8,9	10,0	11,3	12,8	14,3	15,8	17,4	19,1	
d (Km)	$\varphi^0$											
	0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	
	1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	
	2	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	
	3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	
	4	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5	1,6	
	5	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	
	3	6	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1	2,2
		7	1,3	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3	2,5
		8	1,4	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8
		9	1,5	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,2
		10	1,6	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,2	3,5
		12	1,8	1,9	2,1	2,3	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,2
	4	14	2,0	2,2	2,4	2,7	3,0	3,3	3,7	4,1	4,4	4,8
		16	2,3	2,5	2,7	3,0	3,4	3,8	4,2	4,6	5,1	5,6
		18	2,6	2,7	3,1	3,4	3,8	4,3	4,7	5,2	5,8	6,3
		20	2,8	3,0	3,4	3,8	4,2	4,8	5,3	5,9	6,4	7,0
		0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
		1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
		2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
		3	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	1,5
4		1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	
5		1,3	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	
5	6	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,1	2,2	2,4	
	7	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3	2,4	2,6	
	8	1,6	1,6	1,7	1,8	2,0	2,2	2,3	2,5	2,7	2,9	
	9	1,7	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,3	
	10	1,8	1,8	2,0	2,1	2,3	2,6	2,8	3,0	3,3	3,6	
	12	2,0	2,1	2,3	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	
	14	2,2	2,3	2,5	2,8	3,1	3,4	3,8	4,1	4,5	4,9	
	16	2,4	2,6	2,8	3,1	3,5	3,9	4,3	4,7	5,2	5,6	
	18	2,7	2,9	3,2	3,5	3,9	4,4	4,8	5,3	5,8	6,4	
	20	3,0	3,2	3,5	3,9	4,3	4,8	5,4	5,9	6,5	7,1	

ermittelnden Werte  $M$  für den Lagefehler des Punktes direkt in die Tabelle eingeführt werden können:

$$M_d^2 = M_{(M^2\alpha)} + a_s^2$$

$$M_d^2 = \frac{M^2}{2} + 0,02 \quad (mm^2)$$

Die Tabelle für  $M_h$  ist für den Masstab 1:50 000 aufgestellt worden auf Grund der Gleichung:

$$M_h = \sqrt{tg^2 \varphi M_d^2 + d^2 (1 + tg^2 \varphi)^2 \cdot M_\varphi^2}$$

unter Berücksichtigung des obigen Wertes für  $M_d^2$ .

Für einen mittleren Punktfehler  $M$ , wie er nach den in Abschnitt A und B angegebenen Verfahren ermittelt worden ist, für eine Horizontaldistanz  $d$  und einen Höhenwinkel  $\varphi$  zwischen den zwei Geländepunkten lässt sich aus der Tabelle ohne weiteres der entsprechende mittlere Fehler  $M_h$  in der Höhenbestimmung herauslesen.

Bei Einführung des zulässigen Distanzfehlers und bei Wahl eines maximalen Höhenwinkels kann eine mit der Genauigkeitsgrenze in der Lagebestimmung korrespondierende Höhenfehler-Toleranzgrenze angegeben werden.

### Baubudget der Schweiz. Bundesbahnen für 1919.

Dem soeben erhaltenen Voranschlag der Schweiz. Bundesbahnen für das Jahr 1919 entnehmen wir übungsgemäss die sich auf den Bau neuer Linien sowie auf Neu- und Ergänzungsbauten an den im Betrieb stehenden Linien beziehenden wichtigsten Ausgabeposten.

#### Bau neuer Linien:

Simplon-Tunnel II . . . . .	810 000 Fr.
Genfer Verbindungsbahn . . . . .	280 000 „

#### Neu- und Ergänzungsbauten an fertigen Linien:

Einführung der elektrischen Zugförderung	29 890 000 „
Kreis I . . . . .	1 823 200 „
Kreis II . . . . .	3 872 300 „
Kreis III . . . . .	3 621 000 „
Kreis IV . . . . .	1 291 600 „
Kreis V . . . . .	4 254 500 „
Rollmaterial . . . . .	32 364 000 „
Mobilien und Gerätschaften . . . . .	225 100 „
Hilfsbetriebe . . . . .	291 700 „
	78 723 400 Fr.

Gegenüber dem Voranschlag für das Jahr 1918, der sich auf 49 062 700 Fr. belief, weist der vorliegende eine Mehrausgabe von 29 660 700 Fr. auf, die in der Hauptsache auf die Anschaffung von Rollmaterial und auf die Einführung der elektrischen Traktion zurückzuführen ist. Gegenüber den Vorjahren ist in der Aufstellung des Voranschlages insofern eine Aenderung eingetreten, als die besondere Kategorie der Ausgaben, die nur bei Besserung der Verhältnisse vorgesehen waren, weggelassen wurde. Dabei wurde von der Ansicht ausgegangen, dass auch nach Beendigung des Krieges die Materialpreise und Löhne nicht so schnell sinken werden. Nicht inbegriffen ist in der angegebenen Summe der die Betriebsrechnung belastende Anteil von 3 054 900 Fr. (im Vorjahr 2 683 100 Fr.).

Die für die Einführung der elektrischen Traktion veranschlagte Summe von 29 890 000 Fr. enthält 2 500 000 Fr. und 4 300 000 Fr. für die Zentralen Amsteg bzw. Ritom, 6 000 000 Fr. für Kabelleitungen für Stark- und Schwachstrom, sowie für Uebertragungs-Freileitungen, 2 400 000 Fr. für Unterwerke, 5 700 000 Fr. für die Fahrleitung, 1 560 000 Fr. für die Reparaturwerkstätte in Bellinzona und die Depotanlagen in Erstfeld, Biasca und Bellinzona. Die Ausgaben für die im Voranschlag vom 25. November 1913 vorgesehenen Arbeiten für die Einführung der elektrischen Zugförderung auf der Strecke Erstfeld-Bellinzona werden damit bis Ende 1919 voraussichtlich 49 460 000 Fr. erreicht haben. Ausserdem sind vorgesehen für die Elektrifizierungs-Arbeiten auf den Strecken Bellinzona-Chiasso 4 000 000 Fr., Erstfeld-Luzern 40 000 Fr., Arth-Goldau-Zürich 30 000 Fr., Brig-Sitten 1 250 000 Fr., und Scherzliggen-Bern 1 180 000 Fr., ferner für Vorarbeiten und Landerwerb für das Kraftwerk an der Barberine sowie als Konzessionsgebühren für neu zu erwerbende Wasserkräfte je 400 000 Fr.

Die für die fünf Kreise aufgeführten Bauausgaben enthalten die folgenden wichtigern Posten (über 200 000 Fr.) zu Lasten der Baurechnung: Im Kreis I für die zweiten Geleise Sviriez-Romont 450 000 Fr. und Dailens-Ependes 260 000 Fr.; im Kreis II für den neuen Rangierbahnhof Basel im Muttenerfeld 200 000 Fr., für den Zentralbahnhof Thun 300 000 Fr., für Umbau und Erweiterung der gesamten Bahnhofanlagen in Biel 2 250 000 Fr.; im Kreis III für die Erweiterung der Station Schlieren 450 000 Fr., für die Erweiterung der Geleiseanlage Brugg 280 000 Fr., für den Umbau der linksufrigen Zürichseebahn im Gebiete der Stadt Zürich 1 000 000 Fr., für das zweite Geleise Thalwil-Richterswil 500 000 Fr.; im Kreis IV für das zweite Geleise Rorschach-St. Margrethen 460 000 Fr.; im Kreis V für die Erweiterung der Stationen Göschenen 450 000 Fr., und Airolo 250 000 Fr., für den Umbau der Bahnhöfe Bellinzona 350 000 Fr. und Chiasso 520 000 Fr., für die Verstärkung von 47 und den Ersatz von fünf eisernen Brücken, sowie das Einbetonieren von 40 Blechbalkenbrücken auf der Strecke Erstfeld-Bellinzona 1 600 000 Fr.

Was das Rollmaterial anbetrifft, so enthält die angegebene Gesamtsumme von 32 364 000 Fr., in der die Vergütung für auszurangierendes Material (890 000 Fr.) berücksichtigt ist, den Restbetrag für die Anschaffung von 20 elektrischen Streckenlokomotiven ge-