Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Vermessungswesen und Kulturtechnik =

Revue technique suisse des mensurations et améliorations foncières

Herausgeber: Schweizerischer Geometerverein = Association suisse des géomètres

Band: 39 (1941)

Heft: 12

Artikel: Die Genauigkeit der polygonometrischen Vermessung der Stadt Basel

[Schluss]

Autor: Bachmann, E.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-199138

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: 30.11.2025

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

SCHWEIZERISCHE

Zeitschrift für Vermessungswesen und Kulturtechnik

ORGAN DES SCHWEIZ. GEOMETERVEREINS

Offiz. Organ der Schweiz. Gesellschaft für Kulturtechnik / Offiz. Organ der Schweiz. Gesellschaft für Photogrammetrie

Revue technique suisse des mensurations et améliorations fonçières

ORGANE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES GÉOMÈTRES

Organe officiel de l'Association Suisse du Génie rural / Organe officiel de la Société Suisse de Photogrammétrie

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

Redaktionsschluß: Am 1. jeden Monats

Expediton, Inseraten— und Abonnements-Annahme:
BUCHDRUCKEREI WINTERTHUR A.G., WINTERTHUR.

No. 12 • XXXIX. Jahrgang

der "Schweizerischen Geometer-Zeitung" Erscheinend am zweiten Dienstag jeden Monats

9. Dezember 1941

Inserate: 50 Cts. per einspaltige Nonp.-Zeile

Abonnemente:

Schweiz Fr. 12. —, Ausland Fr. 16. — jährlich Für Mitglieder der Schweiz. Gesellschaften für Kulturtechnik u. Photogrammetrie Fr. 9. — jährl.

Unentgeltlich für Mitglieder des Schweiz. Geometervereins

Die Genauigkeit der polygonometrischen Vermessung der Stadt Basel

E. Bachmann, dipl. ing.

(Schluß.)

Der Querfehler oder die mittlere Querverschiebung für den Endpunkt eines Zuges mit Richtungsanschluß ist

$$m_q = \pm \sqrt{L^2 \cdot \frac{m^2 n}{\rho^2 \cdot 12} \left(\frac{n+1}{n-1}\right)}$$
 (14)

und der Längsfehler wird nach folgender Formel berechnet:

$$m_l = \pm \sqrt{\alpha^2 L + \beta^2 L^2} \tag{15}$$

Formel 14 und 15 in die Gleichung 13 eingesetzt, ergeben das Fehlerfortpflanzungsgesetz für die Berechnung der Zugsabschlußfehler.

$$M_S = \pm \sqrt{\alpha^2 L + \beta^2 \cdot L^2 + L^2 \frac{m^2 n}{\rho^2 12} \left(\frac{n+1}{n-1}\right)}$$
 (16)

 M_S = Linearer Zugsabschlußfehler in Millimeter

 α^2 u. β^2 = Konstante der Seitenmessung

L = Zugslänge

m = mittlerer Winkelfehler

n = Anzahl der Eckpunkte

Zur Vereinfachung der Gleichung wird

$$a^2 = b$$

und

$$\beta^2 + \frac{m^2 n}{12 \rho^2} \left(\frac{n+1}{n-1} \right) = a$$
 gesetzt.

Das vereinfachte Fehlerfortpflanzungsgesetz erhält nachfolgende Form:

$$M_S = \sqrt{a L + b L^2} \tag{17}$$

 M_S = Linearer Zugsabschlußfehler a und b = Konstante L = Länge des Zuges.

Für die Untersuchung der Abschlußgenauigkeit wurden 13 Gruppen verschieden langer Polygonzüge gebildet. Die linearen Zugsabschlußdifferenzen sind tabellarisch zusammengestellt. Die Mittleren Fehler der einzelnen Fehlergruppen betragen:

Zugsl	änge	Mittler	er Fehler	Gewicht
100 1	Meter	13,4 M	illimeter	0,8
140	»	13,0	»	1,0
180	»	15,3	»	1,0
22 0	»	18,5	»	1,0
275	»	20,5	»	1,0
320	»	22,3	»	1,0
375	»	24,0	»	0,9
450	»	25,9	»	1,0
540	»	29,8	»	1,0
650	»	36,8	»	0,9
740	»	42,6	»	0,6
850	»	46,9	»	0,6
1030))	49,6	»	0,5
		50		1070

Da die mittleren Fehler der Längengruppen aus einer unterschiedlichen Zahl von Einzelzugsabschlüssen berechnet worden sind, wird für die Bestimmung der Endformel das Gewicht jeder Meßgruppe eingesetzt.

Das endgültige Fehlergesetz wird auch hier aus der Näherungsgleichung über Fehler und Normalgleichungen hergeleitet und lautet:

$$M_S = \sqrt{1,35 L + 0,00093 L^2}$$
 (18)

Die Fehlergrenze selbst erhält folgende Form:

$$S_A = \sqrt{12,1 L + 0,00835 L^2}$$
 nach Ableitung für Basel (19)

$$S_E = 5\sqrt{L} + 50$$
 eidg. Instruktion (20)

$$S_{K} = 2\sqrt{L} + 20$$
 kant. Instruktion (21)

L = Zugslänge in Meter

S = Max. Zugsabschlußfehler in Millimeter.

Lineare Zugsabschlußfehler

1		7	23199 272 273 273 274 274 274 274 274 274 274 274
	Meter	T	75 15 15 15 15 15 15 15 15 15 1
		N	, V V 777666077777
	-300	7	305 113 8 6 7 3 3 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
	250	T	22222222222222222222222222222222222222
llim	614 13 13	N	
in Mi		7	30 172 173 174 175 176 176 177 177 178 179 179 179 179 179 179 179 179 179 179
ıler i	Meter	T	252 252 252 252 252 252 252 252 252 252
ßfeł		N	444444400000L Z J Z
Abschlußfehler	-250	7	488425 6211 621 7 7 7 7 7 7 7 8 8 8 7 8 8 7 8 8 7 8 7
	200	T	22222222222222222222222222222222222222
= 7	28	N	<i>~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~</i>
Meter,		7	3,3 200 88 111 141 144 144 175 8792 8792
	ter	T	26669 26698 26698 2689 2689 2689 2689 26
in e	Meter	N	
Zugslänge	-200	4	228248250211 228248250211 111111111111111111111111111111111
Zugs	160	T	2421265 2522265 2622265 263265 263265 263265 263265 263265 263265 263265 263265 26
		$\frac{1}{N}$	
hl, T		7	20 10 16 38 88 823 11 11 11 11 11 141 734
Eckpunktzahl,	Meter	T	$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$
nd:		\overline{z}	Δ L Δ
10 10	-160	7	E 5 4 E E E C 5 4 5 C 8 4 5 C 8 4 5 C 8 4 C 5 C 8 4 C 5 C 8 6 C 8 6 C 8 7 C 8
N = 120	120	T	7.23 1.33
		N	
	M.	7	23.5 24.5 25.5
<i>t</i> .	-120	T	
	-08	N	$\mathsf{wwwwwwwwwwwwwwwwwwwwwwwwwwwwwwwwwww$
		-	

Fortsetzung der Zugsabschlußfehler

$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Meter	7	7,6 668 668 668 155
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$		T	640 641 662 663 663 663 661 661 672 672 673
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$		Z	
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	-70(7	825004191 60504 71221224 718128 10004 1000 1000 1000 1000 1000 1000 10
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	-009	T	660 610 610 610 610 610 611 611 611 611
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$		2	000000000000000000000000000000000000000
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$		7	015001550000400005000000
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	eter	T	24
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$		N	
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	09-	7	££12124 £402 £4224242424242424242424242424242424242
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	500-	T	52338 5238
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$		N	w4444440000000000000000000000000000000
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$		7	442 25,4 123 123 123 133 133 133 133 133 133 133
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	eter	T	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$		N	
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$		7	1288114275 912 841 84 84 84 84 84 84 84 84 84 84 84 84 84
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	400-		464 470 470 470 470 470 470 470 470 470 47
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$		N	でまままままままままままままままままらいららららららららららららららら
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$		7	20 222 223 224 225 225 225 260 260
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	eter		290 200 200 200 200 200 200 200 200 200
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$		N	
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	-40	7	211248111211
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	350		3367 3367 3367 3367 3367 3367 3367 3367
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$		Z	ೲೲೲೲಀೣೣಀೣೣಀೣೣಀೣೣಀೣೣಀೣೣಀೣೣಀೣೲೲೲೲೲೲೲೲೲೲೲ
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$		7	24 118 119 27 171 171 252 257 257
300 – 350 300 – 350 10 – 350 11 – 300 12 – 300 13 – 300 13 – 300 14 – 300 15 – 300 16 – 350 17 – 300 18 – 300 18 – 300 18 – 300 19 – 300 10 –		T	25,27,20,27,2
300- 100-		N	
	-35	7	000 4 0 4 8 8 7 8 8 0 0 0 0 7 7 4 7 4 7 5 8 7 1 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
X www.www.www.www.www.ww.ww.ww.ww.ww.ww.w	300	T	3200 3210 3210 3210 3210 3210 3210 3210
## TO SECURE AND A SECURITIES AND A SECURE AND A SECURE AND A SECURE AND A SECURE AND A SECURITIES AN		N	www.www.www.www.ww.ww.ww.

Fortsetzung	der	Zugsabschlußfehler
1 or totaling	ucı	22 agsabsemablemet

70	700-800 Meter			800-900 Meter			über 900 Meter		
N	L	Δ	N		Δ	N	- L	Δ	
1		37 16 61 20 26 52 43 26 80 30 53 13 30 53 13 30 21 43 17 11 30 23 81 54 28 89	i		23 18 54 40 64 85 40 54 39 36 33 34 39 58 58 34 17 64 90 29 33 11 48 13	8 8	918 985 998 907 1116 1099 1017 947 928 1148 1052 1009 986 1156 1286 1067 $V = 10$ $L = 10$ $L = 423$		

Der Kurvenverlauf der mittleren Zugsabschlußfehler ist aus der Abbildung 5 ersichtlich. Die Fehlergrenze der Ableitung und diejenige der eidg. und kant. Vermessungsinstruktionen sind auf dem Diagramm 6 dargestellt. Die abgeleiteten Grenzwerte der Zugsabschlüsse zeigen einen von den kant. und eidg. Vorschriften abweichenden Kurvenverlauf. (Parabel durch den Koordinatennullpunkt.) Im übrigen bewegt sich die abgeleitete Fehlergrenze ungefähr in der Mitte zwischen der kantonalen und der eidgenössischen Fehlerkurve. Die kantonalen Vorschriften scheinen auch hier zu streng angesetzt worden zu sein.

Der Kurvenverlauf der Fehlergrenze entspricht nach der Form, wie sie für die Ableitung benützt worden ist, viel besser den wirklichen mittleren Fehlern der Seitengruppen als derjenige nach den amtlichen Vorschriften. Das Fehlerfortpflanzungsgesetz nach den Messungen

$$S_A = \sqrt{a L + b L^2}$$

zeigt einen mittleren Fehler nach der Ausgleichung von 1,9 Millimeter. Die Fehlerberechnung nach der amtlichen Form des Fehlerfortpflanzungsgesetzes $S_E = a\sqrt{L} + b$ ergibt einen mittleren Fehler nach der Ausgleichung von 2,6 Millimetern. Die abgeleitete Kurve schmiegt sich

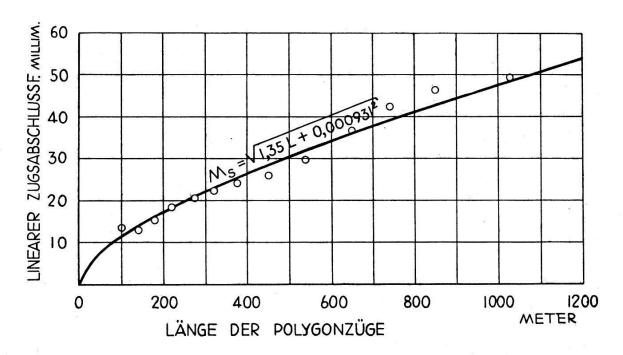


Abb. 5. Mittlerer linearer Zugsabschlußfehler

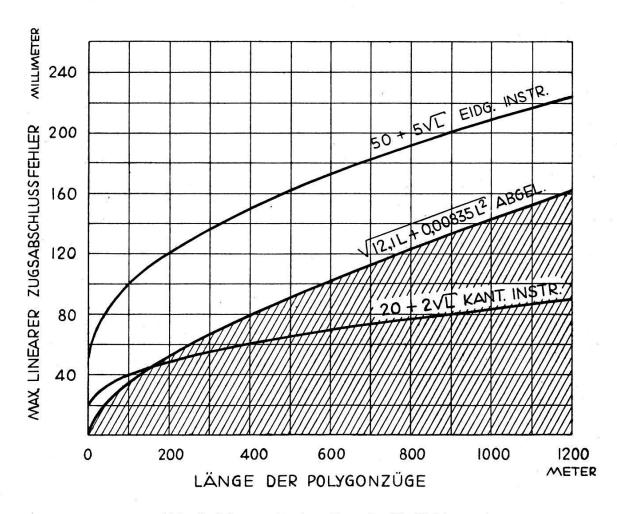


Abb. 6. Max. zulässige Zugsabschlußfehler

besser den Beobachtungsergebnissen an als die Kurve der eidg. und kant. Instruktion und entspricht bereits mit sehr guter Annäherung dem wahren Fehlerfortpflanzungsgesetz. Die eigentliche Untersuchung über die Polygonierungsgenauigkeit ist abgeschlossen. Wir kommen zur Behandlung der Fehleranteile der Anschlußpunkte.

Untersuchung des linearen Fehlereinflusses der Anschlußpunkte.

Das Fehlerfortpflanzungsgesetz der Polygonzüge aus der Zusammenwirkung von Seiten- und Winkelfehlern ist bekannt (Formel 16). Für jeden Polygonzug kann rein theoretisch, nur mit Hilfe der mittleren Fehler der Seiten- und Winkelmessung, ein Zugsabschlußfehler berechnet werden. Bei vollständiger Fehlerfreiheit der Anschlußpunkte müßte der mittlere theoretisch errechnete Zugsabschlußfehler mit dem durch die normale Zugsberechnung erhaltenen Abschlußfehler übereinstimmen. Die Differenz zwischen dem wirklichen und dem theoretisch bestimmten Zugsabschlußfehler entspricht dem Fehleranteil der Anschlußpunkte. Das Fehlerfortpflanzungsgesetz hat folgende Form:

$$M_S = \sqrt{0.031 \ L + 0.00028 \ L^2 + 0.000078 \ L^2 \left(\frac{n \ (n+1)}{(n-1)}\right)}$$
 (22)

 $M_S = \text{Mittlerer Zugsabschlußfehler in Millimeter}$ L = Zugslänge in Meter.

Die Ausrechnung bezog sich auf die gleichen Polygonzüge, wie sie für die Berechnung der Zugsabschlußfehler verwendet worden sind. Es wurden ebenfalls die gleichen Zugslängengruppen gebildet. Die untenstehende Aufstellung gibt Aufschluß über die mittleren Fehler der einzelnen Meßgruppen.

Zugslänge	Mittlerer Fehler			
100 Meter	3,4 Millimeter			
140 »	4,1 · »			
180 »	5,5 »			
220 »	6,3 »			
275 »	8,2 »			
320 »	9,5 »			
375 »	11,4			
450 »	13,9			
540 »	17,1			
650 »	21,1			
740 »	24,3			
850 »	28,0			
1030 »	36,5			

Das Fehlerfortpflanzungsgesetz auf die gleiche Form wie die Gleichung 19 gebracht und ausgewertet nach der Methode der kleinsten

Quadrate, ergibt das theoretische Fehlerfortpflanzungsgesetz in Normalform.

(Der Einfluß der Eckpunktzahl wird hier nicht berücksichtigt.)

$$M_S = \sqrt{-0.068 L + 0.00128 L^2}$$

theoretischer Zugsabschlußfehler

Der aus der Berechnung hervorgegangene mittlere Fehler der Zugsabschlüsse kann als aus der Zusammenwirkung der mittleren Fehler der Polygonzüge und der mittleren Fehler der Anschlußpunktbestimmung betrachtet werden.

Es ist:
$$M_{S^2} = M_{S^2} + M_{TR^2}$$
 (abgeleitet) (Theoretisch) (Triangulation)

oder $M_{TR} = \sqrt{M_{S^2} - M_{S^2}}$ (24)

Die Formeln 18 für $M_{S_{\hbox{AB}}}$ und 23 für $M_{S_{\hbox{Th}}}$ oben in 24 eingesetzt, ergeben für den mittleren Fehler der Triangulation

$$M_{TR} = \sqrt{1,418 L - 0,00035 L^2}$$
 (25)

Obiges Ergebnis ist in der Abbildung 7 graphisch ausgewertet. Die mittlere Fehlerkurve der Zugsabschlüsse wurde unterteilt in die Fehleranteile der Triangulation $M_{\rm Tr}$ und in die theoretische Fehlerhäufung der Polygonzüge $M_{\rm Th}$. Der mittlere Fehler der Triangulation ist ungefähr proportional der Quadratwurzel aus der Zugslänge. Der theoretische

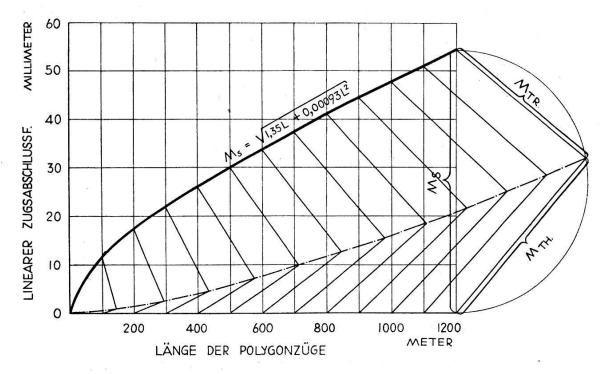


Abb. 7. Fehleranteile der Triangulation und der Polygonzüge

Zugsabschlußfehler ist dagegen ungefähr proportional der Zugslänge selbst. Für einen Polygonzug von 1000 Meter Länge beträgt der mittlere Zugsabschlußfehler 48 Millimeter. Der Fehleranteil der Triangulation ist hier 33 Millimeter, und der Einfluß der Polygonzugsfehler 34 Millimeter.

Der größte Teil aller Polygonzüge hat eine Länge von 300–700 Meter. In diesem Bereich verhalten sich die Fehlereinflüsse aus der Triangulation oder Knotenpunkten einerseits und kombinierter Winkel- und Seitenmessung andererseits wie 2:1. Eine Erhöhung der Genauigkeit der Zugselemente durch Verbesserung der Seiten- oder Winkelmessung von beispielsweise 10 % kann das Zugsabschlußresultat nur um ca. 3 % verbessern. Eine Verschärfung der Meßoperation hat somit keinen Sinn, besonders, wenn in Erwägung gezogen wird, daß eine 10 prozentige Erhöhung der Meßgenauigkeit eine mindestens 20–30 prozentige Erhöhung der Vermessungskosten zur Folge hat. Die Triangulationsgenauigkeit der Stadt Basel kann als gut bezeichnet werden. Sie entspricht jedoch nur knapp den strengen Anforderungen, die von der präzisen Stadtvermessung an sie gestellt werden.

Der mittlere Fehler der Zugsabschlüsse beträgt auf 100 Meter Länge 12 Millimeter, hievon entfallen allein auf die Triangulation 10 Millimeter. Eine mittlere Ungenauigkeit der Stadtvermessung von 12 Millimeter auf 100 Meter ist sehr gut und genügt allen Anforderungen, die von seiten des Grundbuches an sie gestellt werden. Größere Genauigkeitsanforderung, als die Bedürfnisse des Grundbuches es notwendig machen, werden vom Baugewerbe verlangt. Für Ingenieurkonstruktionen (Stahl- und Eisenbeton) müssen sehr oft die Koordinaten der Grenzpunkte von Grundstücken mit einer Schärfe von mindestens 10-15 Millimeter pro 100 Meter angegeben werden. Will man nicht wegen jedem einzelnen Bauvorhaben eine Sondervermessung der entsprechenden Grundstücke vornehmen, was in Städten meines Erachtens aus verschiedenen Gründen unerwünscht ist, so müssen die vom Bauwesen geforderten Vermessungsgenauigkeiten angestrebt und erreicht werden. Diesen strengen Anforderungen kann die Basler Stadtvermessung dank der Aufstellung verschärfter Fehlervorschriften genügen.

Ein Beitrag zur Herablegung und Kontrolle von Turmpunkten

Die Herablegung der Turm- und Zinnenpunkte bedingt bei einer Stadttriangulation eine um so größere Arbeit, je umfangreicher und gedrängter das überbaute Weichbild der Stadt ist. Das Bestreben, diese Punkte der Anzahl nach einzuschränken, ist deshalb zu verstehen, aber nicht so einfach durchzuführen, denn der Aufbau eines richtig verstrebten Stadttriangulationsnetzes ist nicht nur eine Geduldsarbeit, sondern erfordert von den Ausführenden Einsatzbereitschaft ohne Rücksicht auf