

**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:** 15.01.2026

**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 foncières**

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.

<b>No. 12 • XXXIX. Jahrgang</b> der „Schweizerischen Geometer-Zeitung“ Erscheinend am zweiten Dienstag jeden Monats <b>9. Dezember 1941</b> Inserate: 50 Cts. per einspaltige Nonp.-Zeile	<b>Abonnemente:</b> 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

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

und der Längsfehler wird nach folgender Formel berechnet:

$$m_l = \pm \sqrt{\alpha^2 L + \beta^2 L^2} \quad (15)$$

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

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

$M_S$  = Linearer Zugsabschlußfehler in Millimeter

$\alpha^2$  u.  $\beta^2$  = Konstante der Seitenmessung

$L$  = Zugslänge

$m$  = mittlerer Winkelfehler

$n$  = Anzahl der Eckpunkte

Zur Vereinfachung der Gleichung wird

$$a^2 = b$$

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

Das vereinfachte Fehlerfortpflanzungsgesetz erhält nachfolgende Form:

$$M_S = \sqrt{a L + b L^2} \quad (17)$$

$M_S$  = 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:

Zugslänge	Mittlerer Fehler	Gewicht
100 Meter	13,4 Millimeter	0,8
140 »	13,0 »	1,0
180 »	15,3 »	1,0
220 »	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

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:

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

Die Fehlergrenze selbst erhält folgende Form:

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

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

$$S_K = 2 \sqrt{L} + 20 \quad \text{kant. Instruktion} \quad (21)$$

$L$  = Zugslänge in Meter

$S$  = Max. Zugsabschlußfehler in Millimeter.



**Fortsetzung der Zugsabschlußfehler**

300-350 Meter					350-400 Meter					400-500 Meter					500-600 Meter					600-700 Meter									
N	L	Δ	N	L	Δ	N	L	Δ	N	L	Δ	N	L	Δ	N	L	Δ	N	L	Δ	N	L	Δ						
3	300	19	5	325	24	3	367	23	6	387	20	3	464	11	6	411	44	3	518	33	5	660	23	10	670	41			
3	317	26	5	343	16	3	399	19	6	377	25	4	490	32	6	443	24	4	577	13	5	610	55	11	639	19			
3	310	4	5	301	13	3	359	24	7	371	27	4	471	30	7	445	25	4	504	27	5	611	50	11	643	27			
3	323	10	6	317	4	3	356	42	7	384	32	4	422	21	7	433	17	4	548	12	5	674	50	11	651	27			
3	307	24	6	308	10	3	374	32	7	382	29	4	418	21	7	482	32	4	543	24	5	664	54	11	666	19			
3	312	18	6	313	27	4	399	13	7	378	25	4	434	24	7	408	13	4	514	3	5	698	61	11	626	24			
3	326	18	6	342	5	4	373	17	7	363	24	4	432	27	7	467	27	4	512	14	5	618	16	12	613	40			
3	301	5	7	326	25	4	355	23	9	354	35	4	421	17	7	487	15	5	501	10	5	604	9	7	692	31			
3	310	8	9	338	17	4	397	15	9	365	16	4	461	6	7	475	11	5	511	27	5	619	53	7	672	13			
3	332	8				4	394	2				4	404	13	7	487	33	5	530	7	6	617	20	7	604	17			
3	302	20				4	388	13				4	451	20	7	488	39	5	557	22	6	616	92	7	617	20			
3	323	30				4	352	16				4	449	46	7	490	9	5	579	29	6	627	3						
3	343	20				4	354	14				4	417	21	9	424	26	5	594	27	6	631	24						
3	315	27				4	380	35				4	493	3	9	474	7	5	525	45	6	611	17						
3	335	45				4	370	18				4	420	18	10	422	23	5	518	12	6	658	25						
3	347	10				4	377	21				4	403	14	10	445	18	5	527	12	6	600	28						
3	309	14				4	362	30				4	470	23				5	501	24	6	616	20						
3	301	15				4	357	17				4	450	4				5	579	45	6	618	63						
3	318	8				4	384	31				4	421	31				5	566	22	6	673	54						
3	340	17				4	384	32				4	483	39				5	551	51	7	692	31						
4	325	31				5	383	13				5	431	56				5	521	31	7	616	32						
4	302	9				5	374	23				5	432	5				5	567	18	7	612	40						
4	316	35				5	379	17				5	475	1				5	533	20	7	678	17						
4	311	23				5	393	10				5	496	7				6	505	23	7	635	35						
4	326	13				5	389	16				5	489	36				6	581	23	7	605	11						
4	316	13				5	365	7				5	431	45				6	510	47	7	692	34						
4	312	19				5	388	31				5	416	18				6	536	16	7	675	25						
4	322	44				5	353	38				5	490	11				6	534	19	7	655	33						
4	349	18				5	351	21				5	423	40				6	564	13	8	607	10						
4	300	18				5	380	23				5	401	11				6	517	37	8	656	65						
4	333	23				5	387	12				5	402	24				6	522	45	8	634	57						
4	330	19				5	366	16				5	408	20				6	557	60	8	626	52						
4	317	13				5	368	23				5	489	17				6	500	65	8	691	45						
4	331	11				5	363	54				5	451	30				6	546	25	8	670	43						
4	347	17				5	392	19				5	475	22				6	526	42	8	629	7						
4	331	18				5	391	27				6	469	31				6	592	21	8	672	13						
4	310	16				6	360	13				6	489	22				6	537	26	8	671	6						
5	348	50				6	383	26				6	451	40				6	525	9	9	639	33						
5	302	38				6	361	28				6	469	40				6	511	10	9	629	36						
5	315	3				6	384	16				6	400	31				6	538	62	10	648	14						
5	347	33				6	374	6				6	428	21				6	526	32	10	657	62						
5	301	38				6	394	9				6	413	18				6	526	32	10	657	62						

Fortsetzung der Zugsabschlußfehler

700–800 Meter			800–900 Meter			über 900 Meter		
N	L	$\Delta$	N	L	$\Delta$	N	L	$\Delta$
4	760	37	6	801	23	7	918	21
5	739	16	7	832	18	8	985	70
5	727	61	7	815	54	9	998	20
6	721	20	7	839	40	9	907	43
6	728	26	7	809	64	9	1116	49
6	788	52	7	862	85	10	1099	22
6	745	43	7	839	40	10	1017	86
6	729	26	7	815	54	10	947	68
6	712	20	7	836	39	10	928	36
6	724	26	8	880	36	10	1148	26
7	716	80	8	816	33	6	1052	22
7	749	30	8	821	34	7	1009	44
7	754	53	8	890	39	9	986	48
7	772	13	8	828	58	9	1156	49
7	749	30	8	865	58	13	1286	30
7	754	53	8	821	34	18	1067	59
7	772	13	8	801	17	$N = 10,3$ $L = 1030$ $\Delta^2 = 42373$		
7	749	30	8	827	64			
8	718	21	9	809	90			
8	793	43	9	880	29			
8	703	17	10	866	33			
8	751	11	10	849	11			
9	719	30	10	880	48			
10	726	23	10	881	13			
10	733	81	$N = 8,0$ $L = 839$ $\Delta^2 = 52682$					
10	795	54						
11	768	2						
11	704	89						
$N = 7,1$ $L = 742$ $\Delta^2 = 45436$								

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

$$S_A = \sqrt{aL + bL^2}$$

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



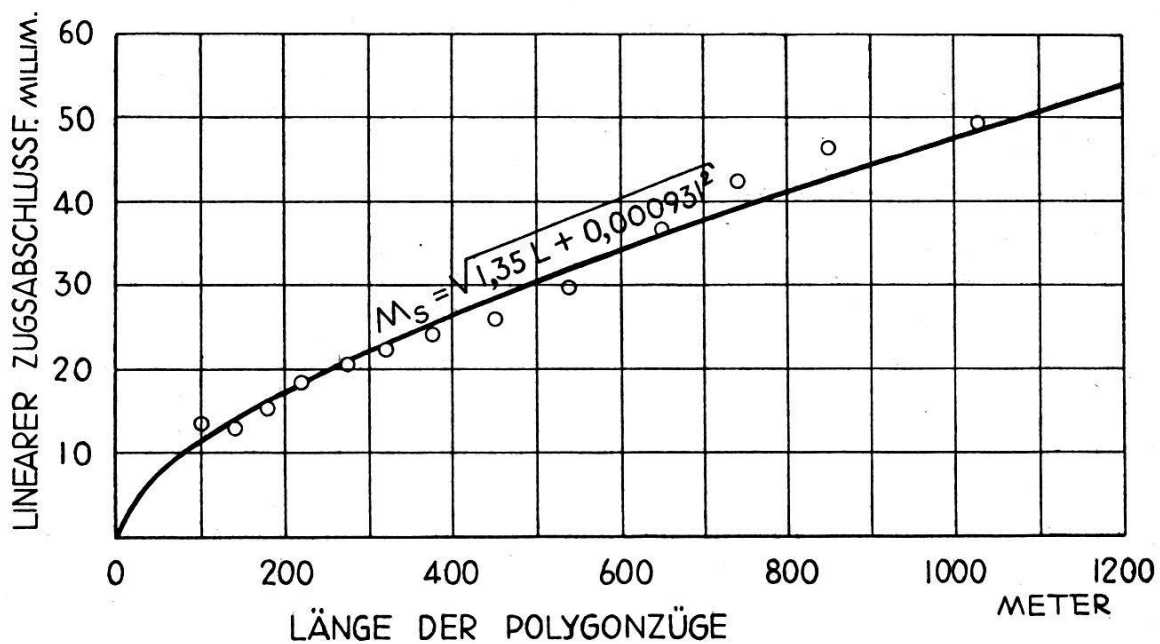


Abb. 5. Mittlerer linearer Zugsabschlußfehler

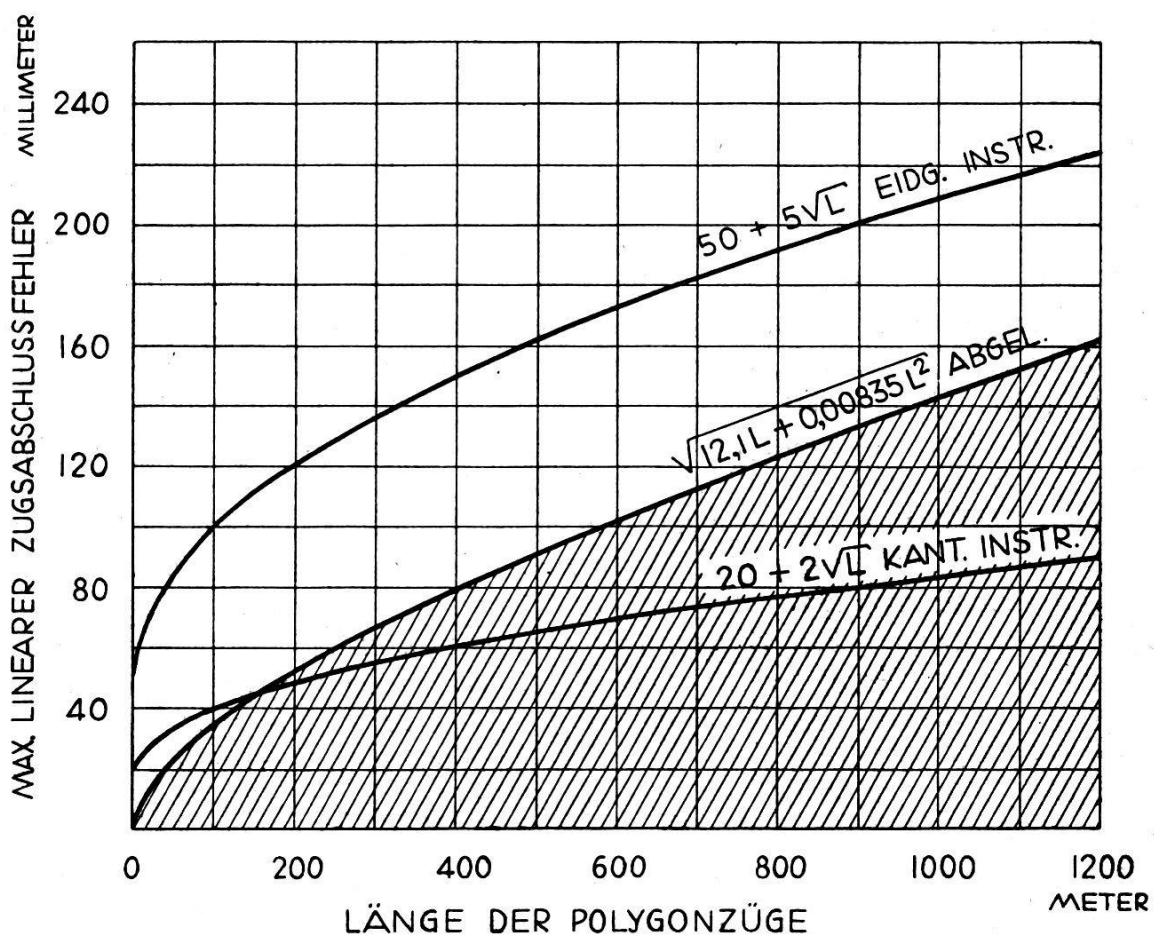


Abb. 6. Max. zulässige Zugsabschlußfehler

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:

$$M_S = \sqrt{0,031 L + 0,00028 L^2 + 0,000078 L^2 \left( \frac{n(n+1)}{(n-1)} \right)} \quad (22)$$

$M_S$  = 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 Zugabschlußfehler

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

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

$$\text{oder } M_{TR} = \sqrt{M_{S_{AB}}^2 - M_{S_{Th}}^2} \quad (24)$$

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

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

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

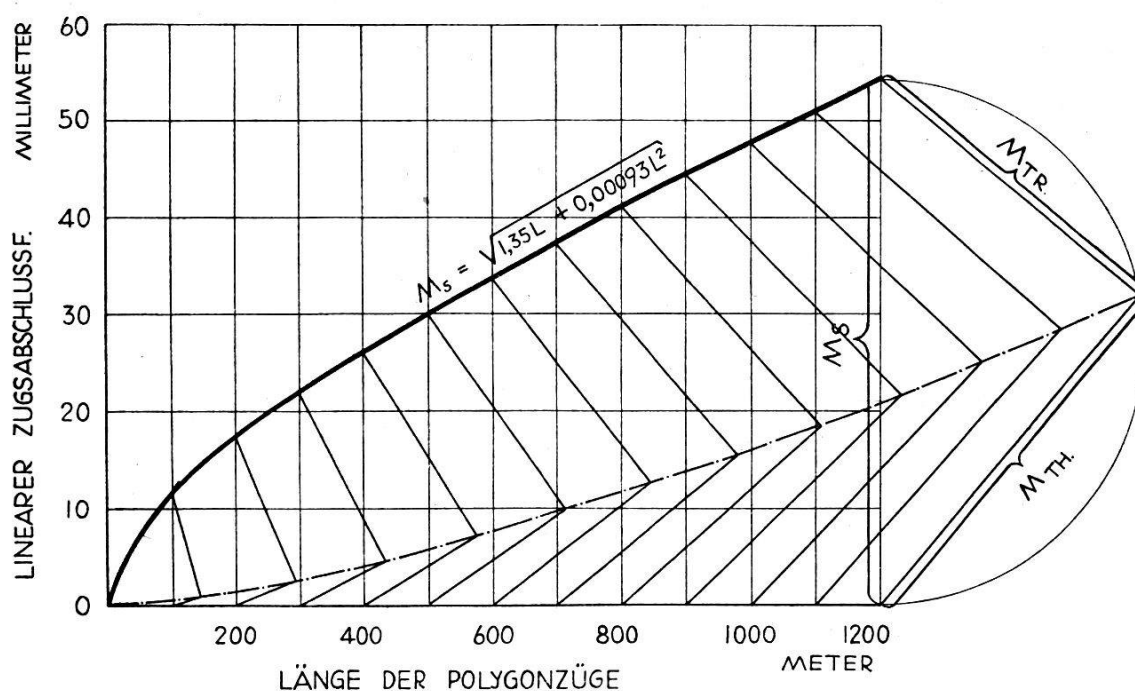


Abb. 7. Fehleranteile der Triangulation und der Polygonzüge

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 verstreuten Stadttriangulationsnetzes ist nicht nur eine Geduldsarbeit, sondern erfordert von den Ausführenden Einsatzbereitschaft ohne Rücksicht auf