

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Vermessungswesen und Kulturtechnik =
Revue technique suisse des mensurations et améliorations foncières

Herausgeber: Schweizerischer Geometerverein = Association suisse des géomètres

Band: 17 (1919)

Heft: 5

Artikel: Das Präzisionsnivellement durch den Lötschbergtunnel : vom 19. bis
24. Mai 1913 [Schluss]

Autor: Zölly, H.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-185577>

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: 04.04.2026

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

que ce dernier a encore légèrement modifiées, seront soumises aux délibérations de l'assemblée des délégués.

Comme suite à la demande d'admission des deux groupements, l'„Association des géomètres-employés“ et l'„Association suisse des géomètres-praticiens“, en qualité de sections ou de groupes de notre société, le Comité central proposera que ces deux associations soient admises comme groupes de la Société suisse des Géomètres. L'assemblée des délégués aura à discuter la revision des statuts qui sera la conséquence de cette décision. Les deux associations en question ont été priées d'envoyer chacune deux représentants à l'assemblée des délégués.

Une délégation du Comité central a été chargée de se renseigner auprès du Bureau fédéral du Registre foncier, aux fins de savoir si l'arrêté fédéral du 14 mars 1919 relatif à l'assistance en cas de chômage, concerne la corporation des géomètres. Cette délégation devra tenir au courant les sections et les groupes et présenter à l'assemblée des délégués un rapport et des propositions.

Le trésorier est autorisé à faire rentrer la cotisation annuelle pour 1919.

Seebach, le 29 avril 1919.

Le secrétaire: *Th. Baumgartner*.

Das Präzisionsnivellement durch den Lötschbergtunnel

vom 19. bis 24. Mai 1913.

Von Dipl. Ing. *H. Zölly*, Chef der Sektion für Geodäsie der schweizerischen Landestopographie, Bern.

(Schluß.)

3. Berechnung des Nivellements.

Reduktion. Die erstmalige Berechnung des Nivellements führte Herr Dr. J. Hilfiker, Ingenieur der Landestopographie, aus; sie wurde später durch die Herren Gaßmann und Favre überprüft und bereinigt. Für die strenge Reduktion sind zunächst die Ablesungen nach den Miren und nach Beobachtern, unter Berücksichtigung der Korrektion wegen Aufstellung in den Ecken des Mirenfußes, geordnet und zu Höhendifferenzen aus derselben

Mirenfläche von Bolzen zu Bolzen verbunden worden. Hierauf wurden vermittelt der Resultate aller Mirenvergleichen, in welche für jeden Tag besondere Werte interpoliert wurden, die Höhendifferenzen von dem Fehler, der von der unrichtigen Länge des mittleren Mirenmeters herrührt, befreit und auf diese Weise wahre Höhendifferenzen getrennt für jeden Beobachter erhalten.

Genauigkeit. Um einen Ueberblick über die erreichte Genauigkeit zu erhalten, bilden wir aus den Höhenunterschieden der von 200 zu 200 m aufeinander folgenden Höhenmarken die Differenz: Nivellement Gaßmann minus Nivellement Schwank und erhalten den Durchschnittswert

$$\underline{(G-Sch) = + 0,30 \text{ mm.}}$$

Die nachstehenden Tabellen, getrennt nach den zwei Tunnelhälften, lassen erkennen, daß die größten Werte sich in der Strecke km 12,6 bis Tunnelportal Süd anhäufen. Diese Tatsache läßt sich aus den wesentlich ungünstigeren äußeren Umständen und teilweise in der Ungeübtheit des Hilfspersonals erklären, das in der ersten Nacht erst für diese Arbeit geschult werden mußte.

Von den sämtlichen 74 Differenzen sind 34 positiv, 36 negativ und 4 gleich Null. Der durchschnittliche Wert von $+ 0,30$ mm bedeutet gegenüber dem beim Nivellement im Simplontunnel erreichten Wert von $+ 0,75$ mm eine wesentliche Steigerung der Genauigkeit.

Ordnet man die Ergebnisse des Nivellements zu Höhenunterschieden zwischen 1 km voneinander entfernten Fixpunkten einerseits von Nord nach Süd (Kolonne c der Tabelle), andererseits von Süd nach Nord (Kolonne d), so ergeben sich die in den Kolonnen eingetragenen Zahlen, die ebenfalls die größere Unsicherheit der Beobachtungen im zweitletzten und letzten Kilometer veranschaulichen.

Die nachstehende Tabelle der mittleren Fehler gibt alle Auskunft über die erreichte Genauigkeit; am zuverlässigsten ist wohl der aus den meisten Elementen berechnete mittlere zufällige 1 km-Fehler M_1 des Doppelnivellements für die ganze Tunnellänge von $+ 0,44$ mm.

Herr Ingenieur Gaßmann berechnete nach den neuen internationalen Formeln von Lallemand* die mittleren Fehler; er erhielt die nachstehenden Werte:

* Siehe F. Bäschlin, „Schweiz. Bauzeitung“, Band LXX. 1918.

Tabelle 1.

Nordportal-Tunnelmitte						
Strecke	Δ	Δ_1 N-S	Δ_2 S-N	$p \Delta \Delta$	$p \Delta_1 \Delta_1$	$p \Delta_2 \Delta_2$
a	b	c	d	e	f	g
Σ	mm					[11,54]
0 = ⊙ ↓ A — 0,065 Nord	— 0,50			3,85	↓	↑
0 ⁰⁶⁵ — 0 ²⁶⁵	— 0,15 — 0,55 + 0,10	— 1,57	— 1,10	0,11 1,51 0,05	2,32	1,82
0 ⁸⁶⁵ — 1 ⁰⁶⁵	— 0,31 — 0,16 + 0,46 — 0,44 + 0,00	+ 0,30	— 0,45	0,48 0,13 1,06 0,97 0,00	0,09	0,20
1 ⁸⁶⁵ — 2 ⁰⁶⁵	+ 0,07 + 0,21 + 0,04 — 0,11 + 0,26 — 0,36		+ 0,47	0,02 0,22 0,01 0,06 0,34 0,65	0,12	0,22
2 ⁸⁶⁵ — 3 ⁰⁶⁵	— 0,18 — 0,13 — 0,28 — 0,58 + 0,49	— 0,59	— 1,53	0,08 0,39 1,68 1,20 0,04	0,35	2,34
3 ⁸⁶⁵ — 4 ⁰⁶⁵	— 0,09 — 0,16 + 0,48 — 0,07 — 0,03	— 0,11	+ 0,65	0,13 1,15 0,02 0,00 0,54	0,01	0,42
4 ⁸⁶⁵ — 5 ⁰⁶⁵	— 0,33 + 0,37 + 0,07 + 0,25 + 0,12	+ 0,17	+ 0,33	0,68 0,02 0,31 0,07 2,05	0,03	0,11
5 ⁸⁶⁵ — 6 ⁰⁶⁵	— 0,64 — 0,11 — 0,27 — 0,07 — 0,58	— 1,59	— 0,97	0,06 0,36 0,02 1,68 1,57	2,53 [5,45]	0,94
6 ⁸⁶⁵ — 7 ⁰⁶⁵	— 0,56		— 1,64	1,25		4,48
7 ⁰⁶⁵ — 7 ²⁶⁵	— 0,50	— 0,50	— 2,30		1,25	5 29
$[\Delta]$				$\Sigma p \Delta \Delta$	$\Sigma p \Delta_1 \Delta_1$	$\Sigma p \Delta_2 \Delta_2$
[— 4,24] [— 4,24] [— 4,24]				[22,92]	[6,70]	[10,73]
[+ 4,05]						
— 0,19				$\Sigma p \Delta_2 \Delta_2$ S-N [11,54] + [12,04] = [23,58]		
$\Sigma \Delta_N 10,18 : 37 = 0,28$						

Tabelle 1.


Tunnelmitte-Südportal						
Strecke	Δ	Δ_1 N-S	Δ_2 S-N	$p \Delta \Delta$	$p \Delta_1 \Delta_1$	$p \Delta_2 \Delta_2$
a	b mm	c	d	e	f	g
					[5,45]	[13,13]
7 ²⁶⁵ —7 ⁴⁶⁵	+ 0,05 — 0,71	} — 0,56 } — 0,06	} — 0,66	0,01	↓ 0,31	↑ 1,09
7 ⁸⁶⁵ —8 ⁰⁶⁵	+ 0,32 + 0,28 + 0,40 + 0,09 — 0,17			} + 1,24	} + 0,92	2,52 0,51 0,39 0,80 0,04
8 ⁸⁶⁵ —9 ⁰⁶⁵	+ 0,61 + 0,31 ± 0,00 ± 0,00 + 0,06	} + 0,98	} + 0,98			0,14 1,86 0,48 0,00 0,00
9 ⁸⁶⁵ —10 ⁰⁶⁵	+ 0,05 — 0,19 — 0,37 — 0,05			} — 0,08	} — 0,50	0,02 0,01 0,18 0,68 0,01
10 ⁸⁶⁵ —11 ⁰⁶⁵	+ 0,06 + 0,65 + 0,17 + 0,53 + 0,21	} + 0,46	} + 1,37			0,02 2,11 0,14 1,40 0,22
11 ⁸⁶⁵ —12 ⁰⁶⁵	— 0,19 — 0,64 — 0,22 — 0,17 ± 0,00			} — 0,31	} + 0,11	0,18 2,05 0,24 0,14 0,00
12 ⁸⁶⁵ —13 ⁰⁶⁵	+ 1,14 + 0,25 + 0,37 + 0,80 + 0,87	} + 1,59	} + 2,70			6,50 0,31 0,68 3,20 3,78
13 ⁸⁶⁵ —14 ⁰⁶⁵	+ 0,41 — 0,16 — 0,98 — 0,07			} + 0,94	} — 0,87	0,84 0,13 4,80 0,02
14 ⁴⁶⁵ —  A Süd = 14 ⁶¹	+ 0,10 + 0,24	} + 0,27	}			0,05 0,40
$[\Delta]$				$\Sigma p \Delta \Delta$	$\Sigma p \Delta_1 \Delta_1$	$\Sigma p \Delta_2 \Delta_2$
[+ 4,05] [+ 4,05] [+ 4,05]				[34,16]	[5,71]	[13,13]
$\Sigma \Delta_S$ 11,89 : 37 = 0,32				$\Sigma p \Delta_1 \Delta_1$ — N-S	+ [5,45]	
$\Sigma \Delta_N$ 10,18					[11,16]	
$\Sigma \Delta$ 22,07 : 74 = 0,30						

Tabelle 2.

Strecke		Mittlere Fehler		
		$m = \pm \sqrt{\frac{1}{2} \left[\frac{\Delta\Delta}{a} \right]}$	$M_1 = \frac{m}{\sqrt{2}} = \pm \frac{1}{2} \sqrt{\left[\frac{\Delta\Delta}{a} \right]}$	$M_2 = \pm \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta}{\sqrt{d}}$
Ganze Tunnellänge n = 74 a = 0.200 d = 14.61 a ₁ = 0.065 a ₇₄ = 0.145		$\pm \sqrt{\frac{\frac{1}{2} \cdot 57.08}{74}} \pm 0,62$ mm	$\pm \frac{0,62}{\sqrt{2}} = \pm 0,44$ mm	$\left(\frac{1}{2} \frac{0.19}{\sqrt{14.61}} = \pm 0,02 \right)$ Zufallswert!
Nördliche Tunnelhälfte n = 37 a = 0.200 d = 7.27 a ₁ = 0.065		$\pm \sqrt{\frac{\frac{1}{2} \cdot 22.92}{37}} \pm 0,56$	$\pm \frac{0,56}{\sqrt{2}} = \pm 0,40$	$\pm \frac{1}{2} \frac{4.24}{\sqrt{7.27}} = \pm 0,79$
Südliche Tunnelhälfte n = 37 a 0,200 d = 7.34 a ₇₄ 0,145		$\pm \sqrt{\frac{\frac{1}{2} \cdot 34.16}{37}} \pm 0,68$	$\pm \frac{0,68}{\sqrt{2}} = \pm 0,48$	$\pm \frac{1}{2} \frac{4.05}{\sqrt{7,34}} = \pm 0,76$
1 km-Strecken Nord-Süd	Ganze Tunnellänge n=15 a ₁ =1.065 d=14.61 a ₁₅ 0.545 a ₂₋₁₄ 1.000	$\pm \sqrt{\frac{\frac{1}{2} \cdot 11.16}{15}} \pm 0,61$	$\pm \frac{0,61}{\sqrt{2}} = \pm 0,43$	Durchschnittliche Differenz Gaßmann-Schwank pro 200 m-Strecke. $\delta = \frac{22,07}{74} \pm 0,30$ $\delta_n = \frac{10,18}{37} \pm 0,28$ $\delta_s = \frac{11,89}{37} \pm 0,32$
	Nördliche Tunnelhälfte d=8 a ₁ 1,065 d=7.27 a ₈ 0.200 a ₂₋₇ 1.000	$\pm \sqrt{\frac{\frac{1}{2} \cdot 6.70}{8}} \pm 0,65$	$\pm \frac{0,65}{\sqrt{2}} = \pm 0,46$	
	Südliche Tunnelhälfte n=8 a ₉ 0,800 d=7.34 a ₁₆ 0.545 a ₁₀₋₁₅ 1.000	$\pm \sqrt{\frac{\frac{1}{2} \cdot 5.71}{8}} \pm 0,61$	$\pm \frac{0,61}{\sqrt{2}} = \pm 0,43$	
1 km-Strecken Süd-Nord	Ganze Tunnellänge n=15 a ₁ =0,945 d=14.61 a ₁₅ =0.665 a ₂₋₁₄ =1.000	$\pm \sqrt{\frac{\frac{1}{2} \cdot 23.58}{15}} \pm 0,89$	$\pm \frac{0,89}{\sqrt{2}} = \pm 0,63$	
	Südliche Tunnelhälfte n=8 a ₁ 0.945 d=7.34 a ₈ 0.400 a ₂₋₇ 1.000	$\pm \sqrt{\frac{\frac{1}{2} \cdot 12.04}{8}} \pm 0,87$	$\pm \frac{0,87}{\sqrt{2}} = \pm 0,62$	
	Nördliche Tunnelhälfte n=8 a ₉ 0.600 d=7.27 a ₁₆ =0,665 a ₁₀₋₁₅ 1.000	$\pm \sqrt{\frac{\frac{1}{2} \cdot 10.73}{8}} \pm 0,82$	$\pm \frac{0,82}{\sqrt{2}} = \pm 0,58$	

$$\text{Mittl. zufälliger 1 km-Fehler } \eta_r = \pm \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\sum \Delta}{\sum L} - \frac{\sum r^2}{(\sum L)^2} \cdot \frac{\sum s^2}{L}} = \pm 0,42 \text{ mm}$$

$$\text{Mittlerer systematischer 1 km-Fehler } \sigma_r = \pm \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\sum \frac{s^2}{L}}{\sum L}} = \pm 0,24 \text{ mm}$$

Aus allen Zahlen geht hervor, daß der mittlere 1 km-Fehler des Doppelnivellements von $< \pm 0,5 \text{ mm}$ hat eingehalten werden können und damit das unter erschwerten äußeren Bedingungen erstellte Nivellement durch den Lötschbergtunnel als vorzüglich gelungen bezeichnet werden muß und auch die neuen internationalen Genauigkeitsanforderungen erfüllt.

Der Höhenunterschied Tunnelportal Nord $\odot \downarrow$ A bis Tunnelportal Süd $\odot \downarrow$ beträgt für die Beobachtungen von

Ingenieur Gaßmann	+ 19 m 43282
Ingenieur Schwank	+ 19 m 43301

0 m 00019

oder im Mittel	<u>+ 19 m 433</u>	+ 1,7 mm
----------------	-------------------	----------

mit einem mittleren Fehler von $\pm 0,44 \sqrt{14,6} = \pm 1,68 \text{ mm}$.

4. Vergleich der Ergebnisse des Landesnivellements 1913 mit den Ergebnissen des Tunnelbau-Nivellements Zölly 1907—1911.

Um zu einem einwandfreien Vergleiche zu gelangen, ist es notwendig, beide Nivellemente an Höhenfixpunkte anzuschließen, die in ihrer Höhenlage mit großer Wahrscheinlichkeit unverändert geblieben sind. Auf der Nordseite eignet sich Fixpunkt 54 in Kandersteg und Fixpunkt 14 A in Goppenstein. Es ergeben sich hierfür die nachfolgenden Zahlen:

1913 Landesnivellement Fixpunkt 54 bis	
Fixpunkt 14 A	24,193 \pm 1,7 mm

1907/11 Bau-Nivellement Zölly Fixpunkt 54	
bis Fixpunkt 14 A	<u>24,191 \pm 6,3 mm</u>

Hieraus Differenz 1913—1907/11 + 2 mm.

Das Ergebnis des Bau-Nivellements ist also durch das neue Landesnivellement bestätigt worden; ebenso hat sich die damals aufgestellte Fehlerrechnung als richtig erwiesen.

Es verbleibt noch übrig, dem beim Durchschlag des Lötschbergtunnels festgestellten Durchschlagshöhenfehler von 102 mm

nachzuforschen. Die erhebliche Differenz von 102 mm läßt sich mit Sicherheit in systematischen Fehlern und in der ungünstigen Zusammensetzung des Polygons XI des Präzisionsnivellements der schweizerischen geodätischen Kommission erklären. Genauen Aufschluß über das Wesen dieses Fehlers, eventuell über den Ort und die Strecke, wo der Fehler sich besonders anhäuft, wird aber erst das Nivellement der Polygone XIII, XIV und XV des neuen Landesnivellements geben, deren Ausführung in zwei bis drei Jahren abgeschlossen sein wird.

Bern, März 1914.

Ergänzt Februar 1919:

Statik der Luft-Seilbahnen.

Von C. Zwicky, Professor an der Eidgen. Technischen Hochschule Zürich.

(Fortsetzung.)

II.

Die Parabel-Seilkurve.

1. Die Form der Parabel.

a) *Die Kurvengleichung.* Mit $g_x = g' = \text{konstant}$ erhält man aus der Differentialgleichung der Seilkurve

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{g'}{H}$$

durch zweimalige Integration, wenn

$$2a = \frac{g'}{H}$$

gesetzt wird, während b und c zwei Integrationskonstante bedeuten:

$$\frac{dy}{dx} = \text{tang } \tau = p_P = 2ax + b$$
$$y = ax^2 + bx + c.$$

Wählt man nun als Koordinatenursprung O den tiefsten Kurvenpunkt P_0 , wie es in Figur 1^a der Fall war, so gilt für diesen:

$$x_0 = 0, y_0 = 0 \text{ und } p_0 = 0,$$

woraus dann für die Konstanten b und c folgt:

$$p_0 = 0 = b \quad \text{und} \quad y_0 = 0 = c.$$

Damit nimmt die Kurvengleichung die einfache Form an:

$$y = ax^2.$$

Daraus folgt mit dem Seilgewicht $G = g' \cdot l$ und $a = \frac{g'}{2H}$