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

Autor(en): **Zölly, H.**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **17 (1919)**

Heft 5

PDF erstellt am: **02.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-185577

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://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 vermittelst der Resultate aller Mirenvergleichungen, 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

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

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 $\pm 0{,}30$ mm bedeutet gegenüber dem beim Nivellement im Simplontunnel erreichten Wert von $\pm 0{,}75$ 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), anderseits 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 $\pm 0{,}44$ *mm.*

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

* Siehe F. Bæschlin, „Schweiz. Bauzeitung", Band LXX. 1918.

Tabelle 1.

Nordportal-Tunnelmitte						
Strecke	△	△₁ N-S	△₂ S-N	p △ △	p △₁ △₁	p △₂ △₂
a	b	c	d	e	f	g
Σ	mm					[11,54]
0						
◎↓ A — 0,065	— 0,50			3,85	↓	↑
Nord						
0065—0265	— 0,15		— 1.10	0,11		1,82
	— 0,55	— 1.57		1,51	2,32	
	+ 0,10			0,05		
	— 0,31			0,48		
0865—1065	— 0.16			0,13		
	+ 0,46		— 0,45	1.06		0,20
	— 0,44			0,97		
	+ 0,00	+ 0,30		0,00	0,09	
	+ 0,07			0,02		
1865—2065	+ 0,21			0.22		
	+ 0,04		+ 0,47	0.01		0,22
	— 0,11			0.06		
	+ 0,26	— 0,35		0.34	0,12	
	— 0,36			0,65		
2865—3065	— 0,18			0,16		
	— 0,13		— 1.53	0,08		2,34
	— 0,28			0,39		
	— 0,58	— 0,59		1,68	0,35	
	+ 0,49			1,20		
3865—4065	— 0,09			0,04		
	— 0,16		+ 0,65	0,13		0,42
	+ 0,48			1,15		
	— 0,07	— 0,11		0,02	0,01	
	— 0,03			0,00		
4865—5065	— 0,33			0,54		
	+ 0,37		+ 0,33	0.68		0,11
	+ 0,07			0,02		
	+ 0,25	+ 0,17		0.31	0,03	
	+ 0,12			0.07		
5865—6065	— 0,64			2,05		
	— 0,11		— 0,97	0,06		0.94
	— 0,27			0,36		
	— 0,07	— 1.59		0,02	**2,53**	
	— 0,58			1,68	[5.45]	
6865—7065	— 0,56		— 1.64	1,57		**4,48**
7065—7265	— 0,50	— 0,50	— 2,30	1,25	1,25	5 29
		[△]		Σ p △ △	Σ p △₁ △₁	Σ p △₂ △₂
	[— 4,24]	[— 4,24]	[— 4,24]	[22,92]	[6,70]	[10,73]
	[+ 4.05]					
	— 0,19	Σ p △₂ △₂ S-N	[11.54] + [12,04] =			**[23,58]**
Σ △N 10,18 : 37 = 0,28						

Tabelle 1.

Tunnelmitte-Südportal

Strecke	△	△₁ N-S	△₂ S-N	p △ △	p △₁ △₁	p △₂ △₂
a	b	c	d	e	f	g
	mm				[5,45] ↓	[13,13] ↑
7^{265}—7^{465}	+ 0,05			0,01		
	— 0,71	— 0,56	— 0,66	2,52	0,31	1,09
	+ 0,32	— 0,06		0,51	0,00	
7^{865}—8^{065}	+ 0,28			0,39		[12,04]
	+ 0,40		+ 0,92	0,80		0,84
	+ 0,09			0,04		
	— 0,17	+ 1.24		0,14	1,54	
	+ 0,61			1.86		
8^{865}—9^{065}	+ 0,31			0,48		
	± 0,00		+ 0,98	0,00		0,96
	± 0,00			0,00		
	+ 0,06	— 0,08		0,02	0,01	
	+ 0,05			0,01		
9^{865}—10^{065}	— 0,19			0,18		
	— 0,37		— 0,50	0,68		0,25
	— 0,05			0,01		
	+ 0,06	+ 0,46		0,02	0,21	
	+ 0,65			2,11		
10^{865}—11^{065}	+ 0,17			0,14		
	+ 0,53		+ 1,37	1.40		1,88
	+ 0,21			0,22		
	— 0,19	— 0,31		0,18	0,10	
	— 0,64			2.05		
11^{865}—12^{065}	— 0,22			0,24		
	— 0,17		+ 0,11	0,14		0,01
	± 0,00			0,00		
	+ 1.14	+ 1.59		**6,50**	2,53	
	+ 0,25			0,31		
12^{865}—13^{065}	+ 0,37			0,68		
	+ 0,80		**+ 2,70**	**3,20**		**7.29**
	+ 0,87			**3,78**		
	+ 0,41	+ 0,94		0,84	0,88	
	— 0,16			0,13		
13^{865}—14^{065}	**— 0,98**			**4,80**		
	— 0,07		— 0,87	0,02		0,81
	+ 0,10	+ 0,27		0,05	0,13	
14^{465}—◎↓A Süd = 14^{61}	+ 0,24			0,40		

[△]			Σ p △ △	Σ p △₁ △₁	Σ p △₂ △₂
[+ 4,05]	[+ 4.05]	[+ 4,05]	[34,16]	[5,71]	[13,13]
				+ [5,45]	
			Σ p △₁ △₁ — N-S	**[11.16]**	

Σ △S 11.89 : 37 = 0,32
Σ △N 10,18
Σ △ 22,07 : 74 = 0,30

Tabelle 2.

Strecke		Mittlere Fehler		
		$m = \pm\sqrt{\frac{\frac{1}{2}\left[\frac{\Delta\Delta}{a}\right]}{m}}$	$M_1 = \frac{m}{\sqrt{2}} = \pm\frac{1}{2}\sqrt{\frac{\left[\frac{\Delta\Delta}{a}\right]}{n}}$	$M_2 = \pm\frac{1}{2}\cdot\frac{\Delta}{\sqrt{d}}$
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	$\left(\frac{1}{2}\frac{0.19}{\sqrt{14.61}} = \pm 0{,}02\right)$ mm 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 $a_{2\text{-}14}$ 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. mm δ. aus ganzer Tunnellänge $\delta = \frac{22{,}07}{74} \pm 0{,}30$ δ_n aus nördlicher Tunnelhälfte $\delta_n = \frac{10.18}{37} \pm 0{,}28$ δ_s aus südlicher Tunnelhälfte $\delta_s = \frac{11.89}{37} \pm 0{,}32$
Nördliche Tunnelhälfte d=8 a_1 1,065 d=7.27 a_8 0.200 $a_{2\text{-}7}$ 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 $a_{10\text{-}15}$ 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 $a_{2\text{-}14}$ = 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 $a_{2\text{-}7}$ 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 $a_{10\text{-}15}$ 1.000		$\pm\sqrt{\frac{\frac{1}{2}\cdot 10.73}{8}} \pm 0{,}82$	$\pm\frac{0{,}82}{\sqrt{2}} = \pm$ **0,58**	

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

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

Aus allen Zahlen geht hervor, daß der mittlere 1 km-Fehler des Doppelnivellements von $< \pm 0.5$ *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 ◎↓ A bis Tunnelportal Süd ◎↓ beträgt für die Beobachtungen von

Ingenieur Gaßmann	+ 19 m 432$_{82}$	
Ingenieur Schwank	+ 19 m 433$_{01}$	
	0 m 000$_{19}$	
oder im Mittel	+ 19 m 433	± 1,7 mm

mit einem mittleren Fehler von $\pm 0{,}44 \sqrt{14{,}6} = \pm 1{,}68$ 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 ± 1,7 mm
1907/11 Bau-Nivellement Zölly Fixpunkt 54 bis Fixpunkt 14 A	24,191 ± 6,3 mm
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 $g_x = g' =$ 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 0 den tiefsten Kurvenpunkt P_0, wie es in Figur 1[a] der Fall war, so gilt für diesen:

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

woraus dann für die Konstanten b und c folgt:

$$p_0 = o = b \qquad \text{und} \qquad y_0 = o = c.$$

Damit nimmt die Kurvengleichung die einfache Form an:

$$y = ax^2.$$

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