

# Die Absteckung des Lötschbergtunnels

Autor(en): **[s.n.]**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Geometer-Zeitung = Revue suisse des géomètres**

Band (Jahr): **10 (1912)**

Heft 11

PDF erstellt am: **30.05.2020**

Persistenter Link: <http://doi.org/10.5169/seals-182153>

## **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.

Zweiteilung des Standes, wie eine solche durch Heranbildung von patentierten Technikumsgeometern und patentierten Ingenieuren die direkte Folge sein müsste.

(Ziffer 1 angenommen mit 21 Stimmen bei 2 Enthaltungen.)

Die übrigen Geschäfte wurden in zustimmendem Sinne zu den Anträgen des Vorstandes erledigt. Als Ersatzmann in die Taxationskommission an Stelle des verstorbenen Kollegen Luisoni wird August Weidmann in Andelfingen gewählt. Das Eintrittsgeld für Neueintretende wird abgeschafft.

Präsident Fischli schliesst gegen 7 Uhr die 23 Mann starke Versammlung mit Dank für die an den Tag gelegte fortschrittliche Gesinnung.

*Seebach*, den 12. November 1912.

Der Sekretär:  
*Th. Baumgartner.*

---

### **Die Absteckung des Lötschbergtunnels.**

Wir haben in Jahrgang IX, No. 4 unserer Zeitschrift, die Resultate des am 1. März 1911 erfolgten Durchschlages des Lötschbergtunnels nach Richtung, Höhe und Länge, und zum Zwecke der Vergleichung, die entsprechenden Zahlen vom Simplon- und Gottharddurchstich zur Kenntnis unserer Leser gebracht. Wir haben damals versprochen, über die Anlage und die Ausführung dieser hoch interessanten, geodätischen Arbeit auf Grundlage einer Publikation von Professor Bäschlin zu referieren, die seither in der Schweiz. Bauzeitung erschienen ist. Wir erfüllen unser Versprechen etwas spät, jedoch in einem Zeitpunkte, in dem der Gegenstand noch nichts von seiner Aktualität eingebüsst hat. Die Klischees verdanken wir der Redaktion der Schweiz. Bauzeitung, welche uns schon wiederholt solche in freundschaftlicher Kollegialität zur Benützung überlassen hat.

Die Grundlagen unserer grossen Tunnelabsteckungen bestehen in einer Triangulation und einem Präzisionsnivellement.

Für den Gotthard wurden zwei Triangulationen durchgeführt, die eine von Gelpke, die andere von der ersten durchaus unabhängige Kontrolltriangulation von Koppe. Die Uebereinstimmung in der Richtung auf rund 1", welche die beiden Arbeiten lieferten, leistete damals den Beweis, dass eine gute

Triangulation die Kontrolle in sich selbst besitzt, und dass ein Kriterium der Beobachtungsfehler auch einen Schluss auf die Genauigkeit der Resultate zulässt. Durch die Triangulation an und für sich werden aber in erster Linie nur Winkel- resp. Richtungsbeziehungen gegeneinander festgelegt, die Längenverhältnisse setzen den Anschluss an eine mit Präzisionsapparaten gemessene Basis voraus. Sie werden um so unsicherer, je grösser die Anzahl der zwischen der Basis und dem Spezialnetz liegenden Uebertragungsdreiecke ist und je geringer der Genauigkeitsgrad der Basis selbst ist. Zur Zeit als die Gotthardtriangulation entstand, besaßen wir unsere Basislinien von Aarberg, Weinfeldern und Bellinzona noch nicht, und dies mag neben der zu geringen Sorgfalt der direkten Längenmessung mit ein Grund dafür gewesen sein, dass die Längenkontrolle am Gotthard eine Differenz von vollen 7,6 m ergab. Für den Durchschlag eines geradlinigen Tunnels hat ein solcher Widerspruch von direkt gemessener und aus der Triangulation abgeleiteter Länge keine grosse Bedeutung, am Lötschberg hätte er zu äusserst unangenehmen und kostspieligen Komplikationen geführt.

Für den Simplontunnel hat Prof. Rosenmund ein von der schweiz. Landesvermessung unabhängiges Dreiecknetz angelegt (I. Jahrgang 1906, No. 1 unserer Zeitschrift), das nur zum Zwecke der Längenbestimmung an eine Seite derselben anschloss. Der Simplontunnel mündet an beiden Enden zwar in Kurven, durch die Anlage von besonderen Absteckungsstellen wurde aber eine geradlinige Absteckung erreicht. Dies war um so notwendiger, als die Kurven ziemlich eng angenommen werden mussten, und sich die unvermeidlichen Fehler in der Absteckung derselben, die um so grösser ausfallen, je kleiner der Radius ist, beidseitig auf eine Strecke von 10 km übertragen hätten.

Die Lötschbergtriangulation benutzt direkt 6 Punkte dritter Ordnung der durch die schweizerische Landestopographie ausgeführten Triangulation des Berneroberrandes. Durch die technischen Vorarbeiten wurden nahe des Nord- und des Südausganges des Tunnels Punkte bestimmt, welche in der Tunnelaxe liegen sollten und mit den trig. Netzpunkten verbunden werden konnten. Auf der Nordseite (Kandersteg) war diese Verbindung mit drei Punkten direkt möglich, auf der Südseite

(Goppenstein) dagegen musste sie durch Einschaltung von fünf Hilfsdreiecken mit zum Teil sehr ungünstiger Form gesucht werden.

Wird ein solches die beiden Axendpunkte enthaltendes trig. Netz auf ein beliebiges Koordinatensystem mit ebenfalls beliebiger Längeneinheit bezogen und berechnet, so lässt sich aus den Koordinaten der Axpunkte das Azimut, d. h. die dem System entsprechende Richtung der Verbindungsgeraden, der Tunnellaxe, berechnen. Da die Azimute der Dreiecksseiten die die Axpunkte enthalten, ebenfalls gegeben sind — auf der Nordseite waren es drei, auf der Südseite nur zwei — so können nun die Winkel zwischen Anschlussseiten und Tunnelaxe bestimmt und diese selbst mit Kontrolle festgelegt werden.

Da die Löttschbergtriangulation an die Dreiecke der Landesvermessung angeschlossen wurde, war ausser dem Koordinatensystem auch die Längeneinheit gegeben, und ausser der Richtung auch die Distanz zwischen den beiden Axsignalen bestimmt. Es sei indessen bemerkt, dass diese Distanz nicht unmittelbar der Absteckung zu Grunde gelegt werden darf. Sie ist die auf den Meereshorizont reduzierte Länge und muss auf die mittlere Meereshöhe des Tunnels von rund 1200 Meter umgerechnet werden. Die der Distanz im Meereshorizont zuzuschlagende Korrektur ergibt sich zu

$$\Delta d = h \frac{d}{r} = 1200 \frac{14316}{6370000} = 2,69 \text{ m}$$

worin

$h$  = die mittlere Meereshöhe,  
 $d$  = die Entfernung der Axsignale,  
 $r$  = den Erdradius

bezeichnet.

Die Triangulation wurde durch Konkordatsgeometer Mathys, Adjunkt des bernischen Kantonsgeometers, durchgeführt. Mathys hat sich durch die Absteckung des Weissensteintunnels, über die er im Jahrgang 1906 unserer Zeitschrift berichtete, als für solche Aufgaben geeignet ausgewiesen. Die Signalisierung wurde nach den am Simplon benutzten Typen angeordnet, gemauerte Pfeiler mit konischem, zum Abnehmen eingerichtetem Blechhut. Der Blechhut ist an einem in den Pfeiler mittelst Schrauben eingelassenen eisernen Ring befestigt, dessen Zentrum

genau die Station angibt. (IV. Jahrgang 1906, Seite 6 dieser Zeitschrift.) Es wurden sowohl die gegebenen als auch die neuen Punkte in dieser sorgfältigen, Exzentrizitäten ausschliessenden und eine untadelhafte Pointierung ermöglichenden Weise signalisiert.

Die Winkelmessung geschah in der ausserordentlich kurzen Zeit vom 25. August bis zum 8. September 1906 mit einem Theodoliten neuer Teilung von Kern & Cie. in Aarau nach dem von der eidg. Landestopographie angewendeten in der Instruktion für die Grundbuchvermessung vom 15. Dezember 1910 beschriebenen Verfahren. Die Winkel wurden 16 bis 32mal in Serien von 8-fachen Repetitionen gemessen, und mit Einführung von Gewichten proportional den Repetitionszahlen nach dem von der schweiz. Landestopographie geübten Verfahren ausgeglichen, dessen Resultate mit denen nach der Methode der kleinsten Quadrate erhaltenen übereinstimmen.

Der mittlere Fehler eines ausgeglichenen Winkels für die durchschnittliche Repetitionszahl 21 ergab sich zu nur  $\pm 1,7''$  (neue Teilung). Höhenwinkel wurden nicht gemessen, was der Berichterstatter Prof. Bäschlin bedauert, weil sich durch dieselben die Arbeit nicht wesentlich verteuert hätte, dabei aber eine wertvolle Kontrolle für den Höhenunterschied der beiden Axsignale genommen worden wäre.

Die Berechnung der Triangulation geschah nach dem altgewohnten Dreiecksverfahren. Die gewonnenen Resultate bestätigen in durchaus einwandfreier Weise die von uns gemachte und wiederholt vertretene Erfahrung, dass für Triangulationen vierter Ordnung, insofern sie an gute Triangulationen höherer Ordnung anschliessen, eine Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate mit ihrem Zahlenballast nicht nötig wäre. Mit dieser Auffassung stellen wir uns in keiner Weise in Widerspruch mit der Bemerkung von Prof. Bäschlin: „Es dürfte die Löttschbergtriangulation wohl die letzte grössere Tunneltriangulation sein, die ohne Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate berechnet worden ist“, da wir ausdrücklich von Triangulationen vierter Ordnung sprechen, zu denen die Löttschbergtriangulation nicht gehört.

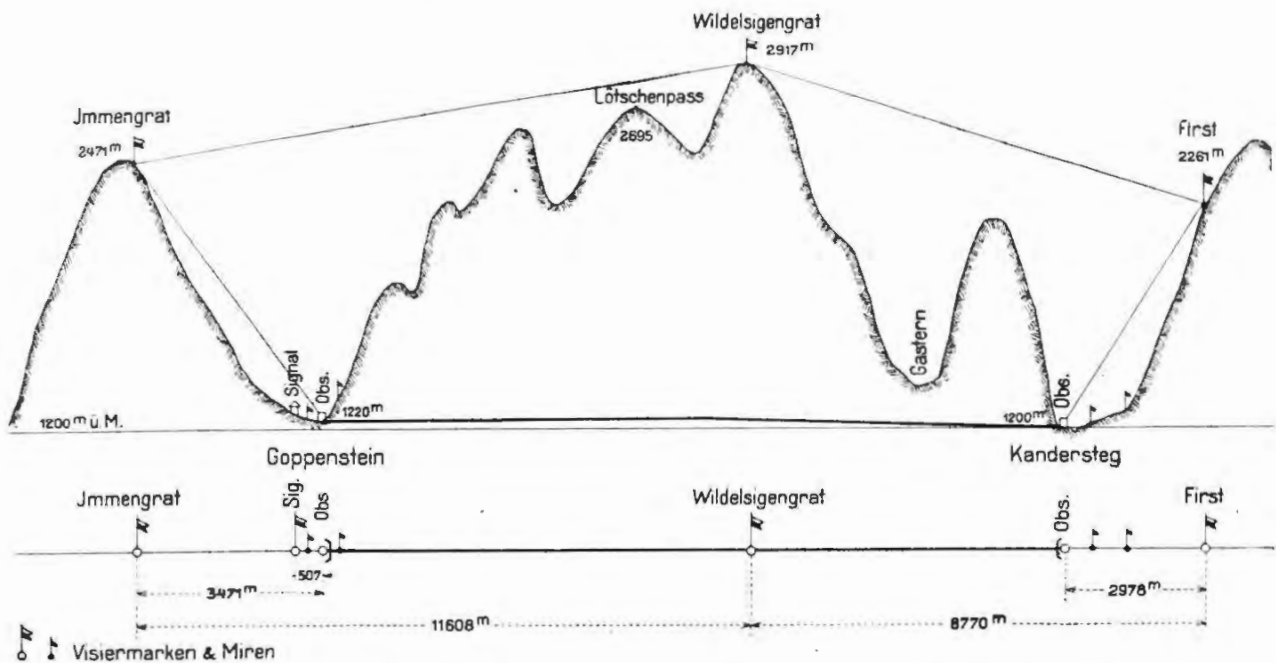
Die der Triangulation angehörenden Axsignale erwiesen sich in der Folge als Stationen für die Absteckung nicht geeignet;

dasjenige in Kandersteg hinderte die Installationsarbeiten, das auf der Goppensteinerseite lag zu hoch, so dass man nicht in den Tunnel hinein hätte visieren können. Es wurden deshalb auf beiden Seiten genau in der Tunnelrichtung liegende Observatorien gebaut, solide Betonpfeiler, zum Schutze von Beobachter und Instrument, durch eine Bretterhütte überdacht.

Die Tunnelrichtung wurde durch Visiermarken nach Art derjenigen vom Simplon (Figur in Jahrgang 1906, Seite 21 dieser Zeitschrift) durch öfters wiederholte Winkelmessung festgelegt. Dieselben bestehen aus einem gusseisernen Kasten mit seitlich verschiebbarer Vorderwand, in der eine sich durch eine rechteckige Milchglasplatte abgeschlossene Oeffnung befindet. Bei Tage dient diese Milchglasplatte ohne weiteres als Zielobjekt, bei Nacht wird sie durch eine dahinter gestellte Lampe erleuchtet. Auf der Gussplatte, auf der sich der Oberteil bewegen lässt, ist eine Millimeterteilung angebracht, die bei der mit der Winkelmessung verbundenen Einweisung der Visiermarke zum Ablesen der jeweiligen Stellung derselben dient. Aus dem Mittel dieser Ablesungen ergibt sich dann die definitive Tunnelrichtung. Das Ganze ist auf einem Betonklotz fest verankert. Auf der Goppensteinerseite wurden zwei solcher Miren aufgestellt, welche ausgezeichnete Dienste zur Wiederherstellung des durch eine Lawine zerstörten Observatoriumspfeilers leisteten. Die Entfernungen zwischen Axsignalen und Observatorien wurden sehr genau bestimmt, auf der Goppensteinerseite durch eine kleine Detailtriangulation. Ebenso mussten die Entfernungen zwischen diesen Fixpunkten und den beidseitigen Nullpunkten des Tunnels sehr genau bestimmt werden, um die definitive Tunnellänge zu erhalten, die sich mit der schon erwähnten Umrechnung der Länge auf den Horizont von 1200 m zu 13744,22 ergab.

Anlässlich seiner Rekognoszierung konstatierte Mathys, dass zu beiden Seiten des Tunnels hochgelegene Punkte bestimmt werden konnten, mit der Möglichkeit, deren Lage in der Tunnelaxe von den Axsignalen aus durch Visieren festzulegen, ferner, dass von diesen Punkten aus ein annähernd ob der Mitte des Tunnels sich befindlicher Punkt beidseitig eingewiesen werden kann. Unsere Abbildung zeigt in Längenprofil und Grundriss die Disposition dieser Punkte, First, Wildelsigengrat und Immenengrat und deren Verbindung mit den Axsignalen und Observa-

torien. Durch diese *oberirdische Absteckung* ergibt sich eine durchgreifende Kontrolle der Triangulation. Die Lage der Punkte First und Immenengrat wurde in ganz gleicher Weise wie die Visiermarken durch Winkelmessung im Anschluss an die bestehenden Richtungen bestimmt. Ebenso wurden auf diesen Punkten auf einer Unterlage verschiebbare Visiertafeln vermittelt optischer Signalgebung eingewiesen und aus den verschiedenen Lagen das Mittel genommen. Wenn man nun auf diesen Punkten



Längensprofil und Grundriss der Lötschbergtunnelabsteckung.

den Theodoliten genau horizontal aufstellt, nach dem zugehörigen Axsignal visiert und hinauf kippt, so soll auf Wildelsigen von beiden Seiten her die gleiche Stelle der Visiertafel getroffen werden. Die Einweisung von Norden und von Süden aus ergab das wunderbare Resultat einer Uebereinstimmung von 25 mm. Damit war die Richtigkeit der Triangulation und die Zuverlässigkeit auch der unterirdischen Richtungsbestimmung über allen Zweifel erhaben.

Man gab sich indessen mit diesem Resultate nicht ohne Weiteres zufrieden. Es war mit Sicherheit anzunehmen, dass zunächst die gewaltigen, den Tunnel überlagernden Massen der Oberländeralpen, dann aber auch die nordwärts liegenden entfernteren Teile derselben und südwärts die Walliser Alpen durch Massenanziehung eine Störung des Lotes bewirken, welche sich

auf die Winkelmessung in gleicher Weise äussert, wie eine entsprechende falsche Stellung der Vertikalaxe des Theodoliten. Kennt man nun den Betrag und das Azimut dieser Lotstörung für die einzelnen Stationen, so können die Winkel auf den Normalhorizont umgerechnet und die einzelnen Richtungen mit Korrekturen versehen werden.

Die bezüglichen Rechnungen wurden zuerst durch Prof. Rosenmund vorgenommen, und später durch den damaligen Ingenieur der Landestopographie, Bäschlin, der an Stelle des plötzlich verstorbenen Mathys berufen wurde, auf teilweise anderen Grundlagen wiederholt. Der Einfachheit halber wurden die Rechnungen nur für die in der Axe liegenden Punkte vorgenommen und lediglich die Komponente der Lotstörung senkrecht zur Tunnelaxe berechnet. Man erhält dann als Einfluss der abgelenkten Projektion auf eine Richtung den Betrag

$$\delta'' = \varepsilon'' \operatorname{tg} \alpha$$

wo  $\varepsilon$  die Lotstörungskomponente,  $\alpha$  den Höhenwinkel bezeichnet. Die Lotabweichungen östlich und westlich sind dabei mit entgegengesetztem Vorzeichen einzuführen; sie entsprechen genau der Neigung der Horizontaldrehaxe, wenn sich die Zielaxe in der Tunnelrichtung befindet.

Um ganz sicher zu gehen und das oberirdische Polygon auf seine Richtigkeit zu prüfen, hat Ingen. Bäschlin im Sommer 1908 eine nochmalige Winkelmessung desselben mit Hilfe eines Schraubenmikroskoptheodoliten vorgenommen und dabei die Winkel in je achtmaligen Repetitionen 4mal gemessen. Durch diese 32-fache Bestimmung konnte der mittlere Fehler eines Winkels zwischen die Grenzen  $\pm 0'',38$  und  $0'',65$  herunter gedrückt werden.

Die von dem Einfluss der Lotablenkung reduzierten Winkel wurden nun mit den aus der Triangulation abgeleiteten Polygonseiten zu einem geschlossenen Polygon mit einem fingierten Schlusspunkte, der Tunnelmitte, zusammengestellt und durchgerechnet. Dabei ergab sich für die Tunnelmitte ein seitlicher Schlussfehler von 27,6 cm, entsprechend dem Durchschlagsfehler unter der Voraussetzung, dass die innere Absteckung fehlerlos sei.

Um diesen Schlussfehler zu beseitigen, wurde das Axsignal Firstum 50 mm nach Südwesten, das Axsignal Immenengrat um 68 mm in der entgegengesetzten Richtung, nach Nordosten



verschoben, so dass sich die nun gedrehten Axenhälften in der Tunnelmitte treffen. Um die Axe abzustecken hat man nur beidseitig auf den Observatorien nach den Axsignalen zu visieren und dann das Fernrohr durchzuschlagen; die beiden Zielrichtungen sollen dann genau in dieselbe Gerade fallen. Auf dieser Grundlage wurde die innere Absteckung der Tunnelaxe durchgeführt, bis die Katastrophe vom 24./25. Juli 1908 halt gebot.

(Fortsetzung folgt.)

## Kantonale landwirtschaftliche Ausstellung in Meilen.

Oberhalb des Dorfes Meilen auf einer aussichtsreichen Terrasse wurde diesen Herbst die „Zürcher Kantonale Landwirtschaftliche Ausstellung“ vom 29. September bis 13. Oktober abgehalten. Unter den sehr gut arrangierten und teilweise lehrreichen Abteilungen war für uns Geometer hauptsächlich die Gruppe für *Förderung der Landwirtschaft* und diejenige der *Forstwirtschaft* sehenswert.

Ein besonderer Raum enthält eine grosse Anzahl von alten Flurplänen. Dieselben wurden im 18. Jahrhundert durch Joh. Martin Däniker von Zürich (geb. 1766, gest. 1820) von der Geiger'schen Karte kopiert und sind Eigentum des Staatsarchives Zürich. Diese Pläne zeigen uns die historischen Bodenbenutzungssysteme, die sog. Dreifelder- und Egartenwirtschaft im Flach- und Hügelland von Dörfern, Weilern und Einzelhöfen. Das Studium dieser Karten ist sehr interessant, besonders auch die beigefügten Tabellen, die über die Grösse der Grundstücke und die Art der Bewirtschaftung Aufschluss geben. Spezielle Bodenbewirtschaftungspläne des Strickhofgutes (landwirtschaftl. Schule des Kantons Zürich) aus den Jahren 1790—1896 und 1912 verdeutlichen den Uebergang von der Dreifelderwirtschaft zur sogenannten freien Wirtschaft.

Ein Grundriss des Zehntens von Klein-Andelfingen instruiert uns, wie der Plan aufgenommen wurde. Es heisst da:

„Dieser ganze Bezirk mit allen seinen Stücken: An Feldern, Wiesen, Weinbergen und Hölzern, ist mit dem Schritt ausgemessen und nach untenstehendem verjüngten Maasstab auf diesen Plan getragen worden. Ein Schritt hat  $2\frac{1}{2}$  Werkschuh