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

Herausgeber: Schweizerischer Geometerverein = Association suisse des géomètres

Band: 38 (1940)

Heft: 5

Artikel: Die Länge des Gotthardtunnels und die äussern Einrichtungen für seine Absteckung : 1869-1939

Autor: Zölly, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-198519

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: 02.10.2025

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

bereits 2 cm. Verwendet man die schärfere Formel für y_2, so erreicht man die Genauigkeitsgrenze von 1 cm erst bei 79 m Abszisse, und wenn man sich mit einem Fehler bis 2 cm abfindet, so kann die Formel bis zu $x = 89$ m Anwendung finden. Hat man für Abszissen in der Nähe dieser Grenzwerte die Ordinaten y zu bestimmen, so dient das Diagramm gleichzeitig dazu, um die Rechenschieber-Resultate um 1–2 cm zu verbessern und damit den strengen Werten anzugleichen. — Von einer Anwendung der Formeln wesentlich über die 2 cm Differenzgrenze hinaus ist abzuraten, da die Genauigkeit von hier weg rasch abnimmt. Bei dem angeführten Beispiel mit $R = 250$ m beträgt die Abweichung bei $x = 50$ m bereits 5 cm gegenüber dem Wert von y_1 und bei $x = 100$ m wächst die Differenz auf 6 cm gegenüber dem Resultat von y_2. Bei größeren Radien kommt man übrigens kaum in Versuchung, den Gebrauch der Formeln über die 2 cm Differenzgrenze auszudehnen, weil die Anwendungsmöglichkeit der Formeln weiter geht als die Genauigkeit des Rechenschiebers.

Die Länge des Gotthardtunnels und die äußern Einrichtungen für seine Absteckung.

1869—1939

Von *H. Zölly*, Chefingenieur der eidgen. Landestopographie, Bern.

Bei den Vorbereitungen für die Herausgabe der geodätischen Grundlagen der Vermessungen im Kanton Uri sichtete ich auch die in den Archiven der Landestopographie vorhandenen Akten der *Tunneltriangulation St. Gotthard.* Schon beim 50jährigen Jubiläum der Eröffnung der Gotthardbahn im Jahre 1932 hatte ich einiges Material zusammengestellt; die Ergebnisse waren aber unvollständig. Erst als ich in den Besitz einer Archivmappe der Gotthardbahngesellschaft kam, die mir Kreisdirektor Labhardt im Frühjahr 1938 in zuvorkommender Weise zum Studium überließ, war es mir möglich, den Werdegang der Vermessung in den Jahren 1869 bis 1882 klar zu überblicken.

1. *Triangulationsarbeiten von Ing. Gelpke bis 1872.*

Mit der Bestimmung der Richtung des St. Gotthardtunnels wurde im Jahre 1869 vom *Gotthard-Comité* Ingenieur Otto Gelpke betraut, der über diese Arbeit in seinem 1871 veröffentlichten Bericht „Bestimmung der St. Gotthard-Tunnel-Axe" Zürich 1871, nähere Angaben macht. Ich entnehme diesem Werke folgende wesentliche Tatsachen: Die Endpunkte der Absteckung sind durch Pfeiler versichert worden. Der *Pfeiler Nord in Göschenen*, hart an der Gotthardstraße gelegen, wurde seit 1870 als schief stehend und für weitere Messungen als ungenügend erkannt (Bild 1). Auf seiner Oberfläche wurde der Nivellementsfixpunkt ⊙ 7 im Jahr 1869 durch Ing. Benz im Auftrag der schweizerischen geodätischen Kommission eingemeißelt. An Stelle dieses gefährdeten Axpfeilers wurde 1871 in der Verlängerung der Axe auf der Terrasse, wo später das Sek-

tionshaus (jetzt Bahndienstgebäude) zu stehen kam, ein mächtiger Granitpfeiler gestellt, auf dem Ende Oktober 1871 ergänzende Winkelbeobachtungen nach Rienzenstock und Meiggelenstock ausgeführt wurden. Auf der *Gotthard–Südseite* in Airolo stand der Axpfeiler auf dem rechten Tessinufer, in den Matten von „Di là dell'acqua di fuori". Die Überreste dieses Pfeilers, der 1887 in die Festungstriangulation übernommen wurde, bestehen noch heute; der Punkt ist aber wegen des in den letzten Jahren erschlossenen Steinbruchs gefährdet.

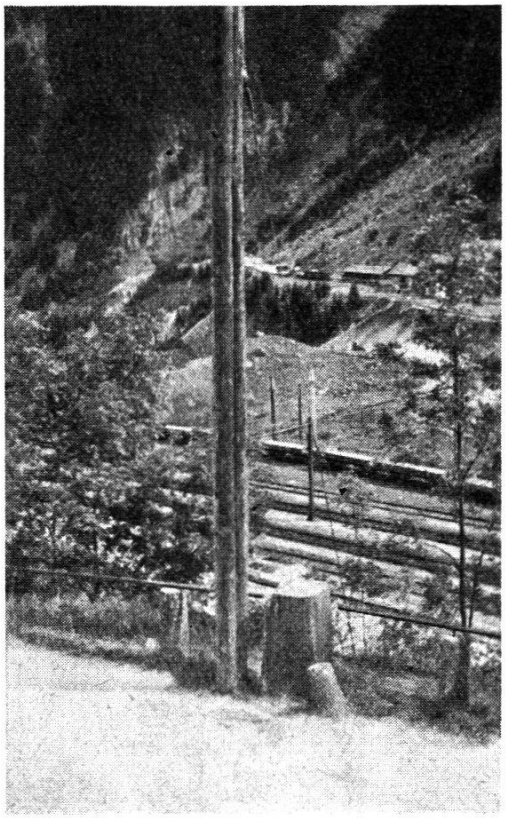

Bild 1.

Die Winkelbeobachtungen auf allen Punkten des trigonometrischen Netzes (Bild 2) führte Gelpke im Jahre 1869 durch, ebenso maß er in der Ebene von Andermatt seine *erste* Basis mit einem 20 m langen Stahlbande von Kern in Aarau, dem er aber „keine besondere Genauigkeit" zutraute. Die Länge dieser Basis betrug 1450,44 m, auf die Höhe 1440 von Andermatt bezogen. Da ursprünglich einer genauen Längenmessung, weil für die Richtungsangabe nicht nötig, keine besondere Bedeutung beigemessen wurde, waren die Endpunkte dieser Basis nicht versichert

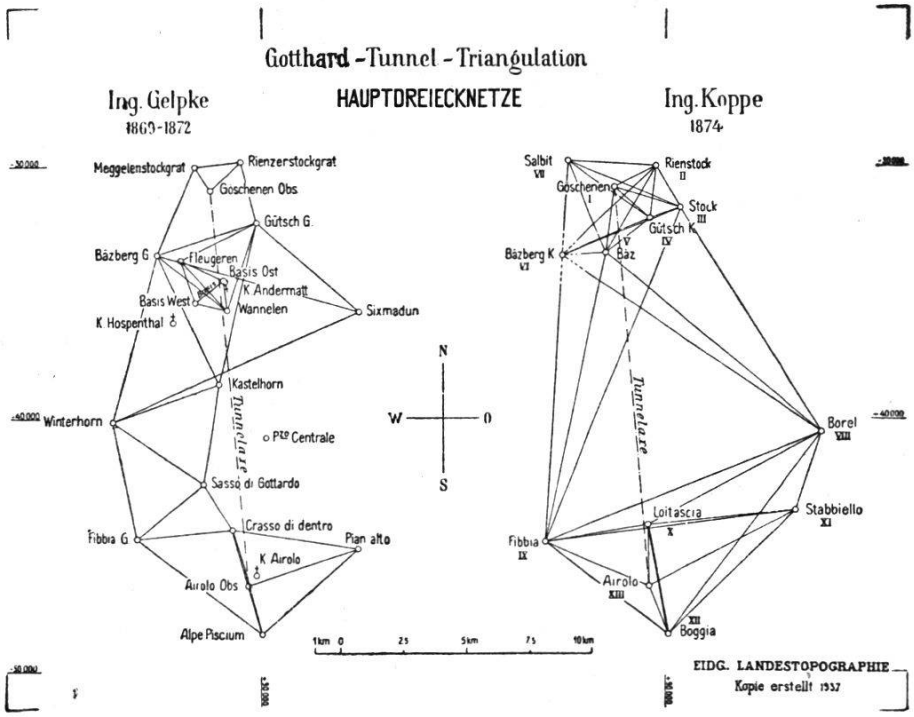

Bild 2.

worden. Erst später tauchte der Gedanke für genaue Längenangaben auf, so daß im Herbst 1871 in Andermatt die Endpunkte einer neuen zweiten Basis durch Granitpfeiler versichert wurden. Im Herbst 1871 wurden neue Stangensignale auf den Punkten *Fleugeren* und *Wannelen* erstellt und die für die Basisübertragung auf die Tunneltriangulation notwendigen Winkelmessungen ausgeführt. Die übrigen Netzpunkte waren durch Steinmänner signalisiert, die aus rundbehauenen Steinplatten bestanden, auf deren zweitobersten Platte das Instrument zentrisch aufgestellt werden konnte (Bild 3). Rienzenstockgrat, Zustand 1931. Eine äußere Versicherung mit eingemeißelten Kreuzen auf Fels fand erst nachträglich im August 1881 auf Anordnung des eidgenössichen topographischen Bureau statt.

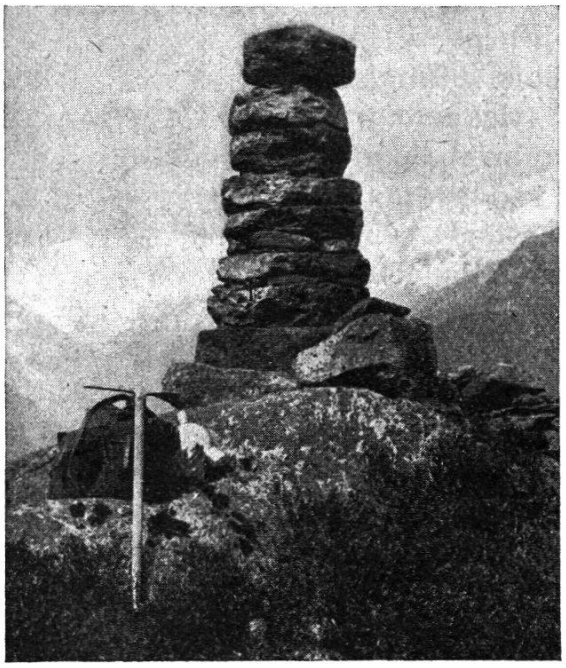

Bild 3.

Die für die zweite Basismessung besonders konstruierte Einrichtung (Bild 4), bestehend aus 3 m langen Latten aus Tannenholz mit Millimeterteilung an den Enden, die über in der Höhe verstellbaren Stativen seitlich aneinandergelegt wurden, ist heute im Eisenbahn-Museum in Zürich aufbewahrt. Ingenieur Gelpke bestimmte als Länge der Basis den auf den *Horizont von Andermatt* bezogenen Wert von 1430,535 m. Diese Länge, der man damals eine große Genauigkeit beimaß, beträgt, auf den Horizont des Tunnels 1110 m reduziert, *1430,435* m.

Ingenieur Gelpke benützte als Ausgangselemente für die Berechnung seiner Triangulation, im Horizont 1100 m, die alten eidgenössischen Koordinaten $y = -\ 93\,819{,}400$ und $x = +\ 35\,971{,}400$ des Punktes Six Madun und das *ebene* Azimut 65° 55′ 57″,0 der Dreieckseite Six Madun–Winterhorn (neu), wobei die Nullrichtung mit der Süd-

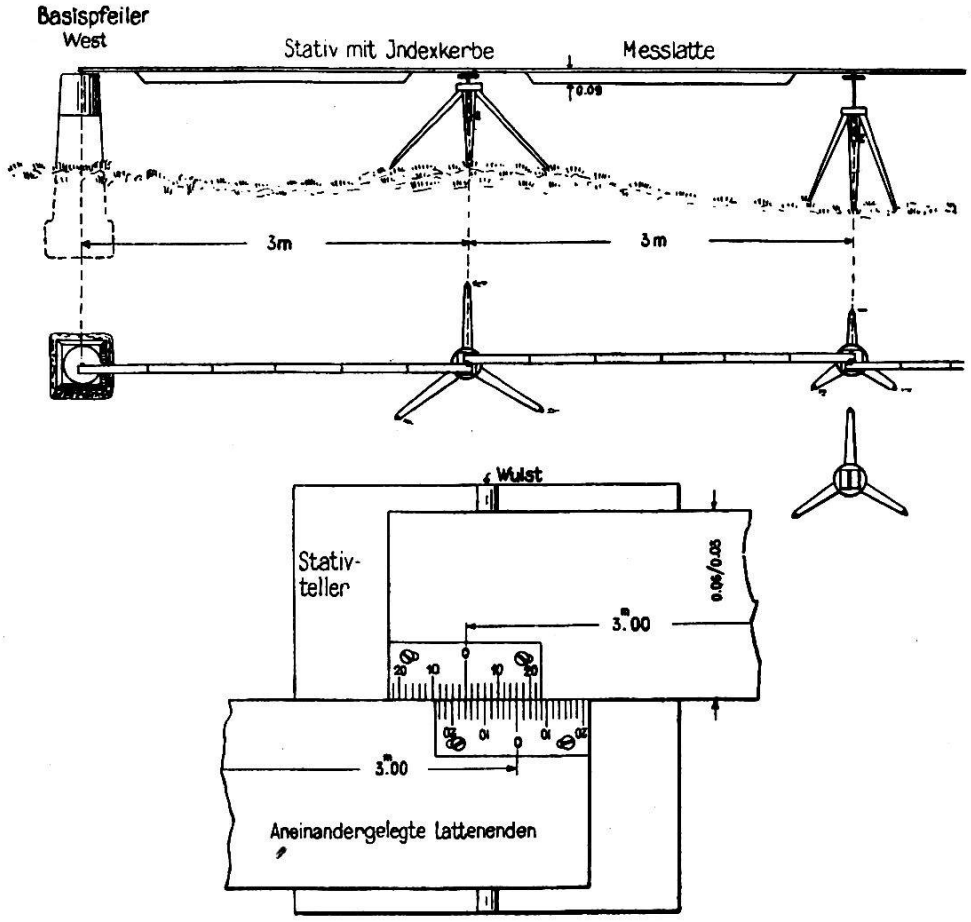

Bild 4.

richtung zusammenfiel. Sphärische Reduktionsgrößen und den Umstand, daß sich die benützten Grundlagen auf eine im Meereshorizont gelegene Projektionsebene bezogen, ließ er unberücksichtigt.

Im gleichen Jahre 1872 verfügte Oberingenieur Gerwig im Auftrag der *Gotthardbahn-Gesellschaft*, daß die Linienführung des Tunnels geändert werde. Die Lage des Tunnelportals Nord wurde beibehalten, dagegen die Richtung um diesen Punkt so gedreht, daß in Airolo der Gelpke'sche Pfeiler um 155 m nach Südwest, entgegengesetzt Azimut Airolo–Pian Alto, zu liegen kam. Zunächst wurden die neubestimmten Axpunkte nur mit Pfählen bezeichnet. Auf der Nordseite kam der Pfahl Göschenen II nahe an den 1871 gesetzten mächtigen Granitpfeiler zu liegen. Da aber von diesem Pfahl aus die Sichten ungünstig zu beobachten waren, erstellte Gelpke den Granitpfeiler III, der 1938 mit Hilfe besonderer Absteckungen unversehrt auf dem Vorplatz des Bahndienstgebäudes vorgefunden wurde. Auf der Gotthard-Südseite setzte Gelpke, 43,09 m vom festgelegten Pfahl entfernt, in der Axrichtung gegen den Tessin hin, einen Beobachtungspfeiler, von welchem aus die Absteckung für das Tunnelinnere im Richtungsstollen Airolo schon Ende 1872 begonnen wurde, ebenso wie vom Beobachtungspfeiler Göschenen III aus die Axrichtung im Nordstollen.

2. *Triangulationsarbeiten von Ingenieur Koppe nach 1872.*

Im selben Jahr 1872 verfügte Oberingenieur Gerwig, um absolute Sicherheit über die Absteckung des großen Tunnels zu haben, daß Ing. Koppe, der seit 1872 als Assistent Ing. Gelpkes geamtet hatte, eine vollständig von Gelpkes Arbeit unabhängige Triangulation auszuführen habe. Mit diesem Auftrag begann Ing. Koppe im Jahre 1873; infolge eines bei seinen Rekognoszierungen erlittenen Beinbruches konnte er aber die Beobachtungen erst im Jahre 1874 ausführen. Sein Netz (Bild 2) zeichnet sich durch einen klaren Aufbau, durch genaue Kontrollen und insbesondere durch die auf wissenschaftlichen Methoden fußende Winkelbeobachtung und Ausgleichung des ganzen Netzes nach der Methode der kleinsten Quadrate aus. Seine Axpunkte Göschenen und Airolo wählte er ebenfalls vollständig unabhängig von denjenigen, die Gelpke 1872 versichert hatte. Er entschied, daß auf der *Gotthard-Nordseite* der Axpunkt auf das linke Ufer der Göschenenreuß verlegt werde, vermutlich um vom Pfeiler aus nicht nur am Tunneleingang, sondern auch im Tunnelinnern, direkte Absteckungskontrollen machen zu können und wahrscheinlich, um die vom Pfeiler III Gelpkes aus seitlich entstehende Refraktion zu vermeiden, da jene Ziellinie nahe am Felsrand der Straße vorbeiging. Um die Zielungen aber vom neuen Standpunkt aus, der in der Nähe des Hotels Rößli und auf dessen Grundeigentum lag, zu ermöglichen, war es notwendig, die beiden Visierstollen zu bauen, von denen der nördliche heute noch erhalten ist. Der südliche dagegen ist beim Bau der Stützmauer für die Einführung der Schöllenenbahn verbaut worden. Als Pfeiler wurde der für die erste Linienführung des Tunnels 1871 erstellte, beim Bau des Sektionshauses 1873 entfernte, mächtige, quadratische Pfeiler wieder verwendet. Dies bezeugte mir 1937 der noch lebende ehemalige Gehilfe Gelpkes, der fast 90jährige Balthasar Gamma, der nahe beim Bahndienstgebäude wohnt und die Beobachtungen, die ich mit meinem Assistenten, Vermessungstechniker Otto Meier, ausführte, mit Interesse verfolgte. Dieser Pfeiler wurde im Juli 1874 an seinen neuen Standort versetzt; über sein weiteres Schicksal ist weiter unten die Rede (Bild 5). Auf der *Gotthard–Südseite* wurde, 7.19 m vom Pfeiler Gelpkes entfernt, in der Axrichtung ein mächtiger Pfeiler gebaut, über dem, wie für seinen nördlichen Partner, ein besonderer Observations-Pavillon errichtet wurde, dessen Baupläne sich in den Gotthardarchivakten noch vorfinden. Während auf der Nordseite der Observations-Pavillon später, in den Garten des Hotels Rößli disloziert, noch heute ein schattiges Dasein fristet, ist das Häuschen auf der Gotthard–Südseite längstens verschwunden; nur der im Bachbett stehende Pfeiler (Bild 6), dessen Zentrum trotz der zersetzenden Tätigkeit des kleinen Bächleins unversehrt erhalten blieb, zeugt von der einstigen Bedeutung dieses wichtigen Punktes.

Zu den weiteren Einrichtungen für die damalige Absteckung des Tunnels zählen auch die in der Axrichtung je südlich und nördlich der beiden Tunnelportale von Ing. Koppe angebrachten *Richtungsfenster*,

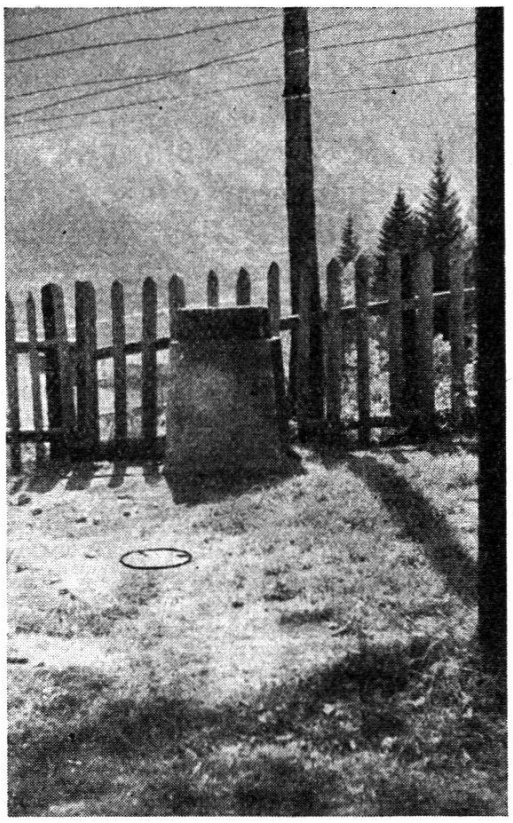

Bild 5.

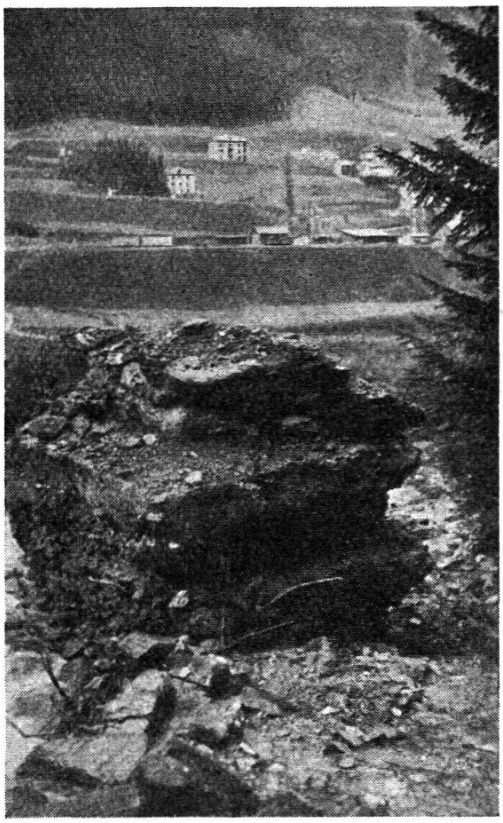

Bild 6.

von denen die 4 hauptsächlichsten und sichtbaren in den Jahren 1932 und 1938 unversehrt wiedergefunden worden sind.

Für die sehr sorgfältig in der Nähe der Pfeiler unterirdisch versicherten Richtungspunkte fand sich in den Akten gar keine Lageangabe vor; die Möglichkeit ist aber nicht ausgeschlossen, daß der eine oder der andere noch zufällig aufgedeckt werden könnte.

Beim Beginn der Triangulation beabsichtigte Ing. Koppe durch Anschluß an die Seite Basodino–Six Madun eine möglichst genaue Orientierung *und* Länge für die Tunnelaxe zu ermitteln. Durch die ungünstige Witterung gezwungen, beschränkte er sich darauf, die Längenübertragung mit Anschluß seiner Triangulation an diejenige Gelpkes zu bewerkstelligen. Er bestimmte durch Rückwärtseinschnitt auf den beiden Punkten Loitascia und Boggia die Länge dieser Seite aus einer großen Anzahl Gelpke'scher Signale. Damit übertrug er die Andermatter Basislänge von 1430.435 m auf sein eigenes Netz. Dieses ist, wie bereits bemerkt, nach der Methode der kleinsten Quadrate streng ausgeglichen. Auf Grund der Seitenlänge Loitascia–Boggia wurden sodann die Koordinaten aller Punkte, speziell diejenigen der beiden Tunnelendpunkte, gerechnet, für welche sich von Axpunkt zu Axpunkt Koppe die Länge zu 15 852,10 m und ein Azimut der Tunnelaxe von 355° 05′ 30.54″ ergab. An den von Gelpke aus der eidgen. Triangulation übernommenen Grundlagen änderte Koppe nichts.

3. *Absteckungsarbeiten.*

Nachdem im Jahre 1874 die beiden Visierstollen in Göschenen erstellt waren, konnte von den beiden Observatorien aus die direkte Absteckung der Axrichtung in das Tunnelinnere vorgenommen werden. Als dann im Jahre 1875 die endgültigen Berechnungen vorlagen, wurde auch die endgültige Länge auf das Terrain übertragen. Das „Vertrags"-Portal Nord befand sich nach diesen Zahlen 584,34 m vom Axpunkt Nord entfernt, darauf folgte die Vertrags-Tunnellänge von 14 920 m bis zum Richtstollen Portal Airolo und schließlich die Entfernung 347,76 m bis zum Axpunkt Süd Airolo (584,34 + 14 920 + 347,76 = 15 852,10 m). Da der endgültige Tunnel in Airolo in einer Kurve endigte, war festgelegt, daß der Kurvenanfangspunkt (Bild 7) sich 165 m von Richtstollen Portal Süd gelegen befinde, von wo aus in einer Kurve mit Radius *300 m* das endgültige Vertrags-Portal Süd mit 145 m Bogenlänge bestimmt wurde, womit die vertragliche Tunnellänge von 14 920 — 165 + 145 = 14 900 m, auf der Höhe 1110 m gemessen, erfüllt war. Über die seit 1875 erfolgte Absteckung im Innern des Tunnels und über deren Anordnung und Einrichtung verweise ich auf die zahlreiche Literatur, die am Schluß dieses Referates angeführt ist.

Zeitlich folgte nun der Durchschlag des Tunnels am 29. Februar 1880. Die unmittelbar nachher stattgefundene Kontroll-Längenmessung ergab 14 892,40 m für die Entfernung zwischen den Vertragsportalen, d. h. einen um 7,60 m *kleineren* Wert, als das auf der Gelpke'schen Basislänge von Andermatt basierende Triangulationsresultat von 14 900 m. Eine Nachmessung der Länge fand im Frühjahr 1882 durch die Ingenieure der Bauleitung statt und zwar mit neuen, von der eidgenössischen Eichstätte in Zürich geprüften Meßstangen. Das Mittel aus 3 Beobachtungen ergab 14 892,89 m, ein Wert, der sehr gut mit der Baumessung von 1880 übereinstimmte, dagegen von der trigonometrischen Berechnung noch um 7,11 m abwich.

Im Jahr 1882 erfolgte auch der Ausbau des Tunnels durch Verlängerung um 46,3 m am südlichen Ausgang und um 45,0 m am nörd-

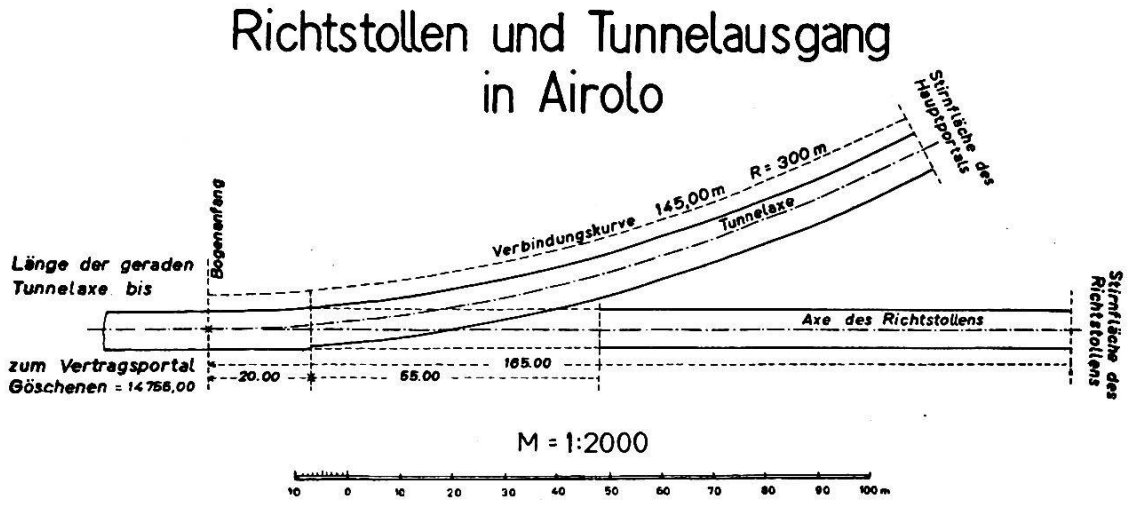

Bild 7.

lichen Eingang. Die Tunnellänge wurde von diesem Zeitpunkt an zu 14 892,89 + 46,3 + 45,0 = *14 984,19* m angegeben. Als man im Jahr 1886 die Minenkammer am südlichen Ausgang konstruierte, wurde der Tunnel nochmals um 13,7 m verlängert. Seit *1887* ist daher die offizielle Tunnellänge *14 997,89* m.

4. *Neue Untersuchungen und Feststellungen.*

Durch die nachfolgenden Überlegungen und direkte Anschlüsse der Basis und Tunnelendpunkte an die Landestriangulation wird nachgewiesen, daß die wirkliche Länge des Tunnels zwischen den Ergebnissen der trigonometrischen Bestimmung Gelpke-Koppes und der direkten Lattenmessung nach dem Durchschlag liegt.

Es sei vorausgeschickt, daß die eidg. Landestopographie in verschiedenen Epochen immer wieder die trigonometrischen Punkte der Netze Gelpkes und Koppes für allgemeine und besondere trigonometrische Vermessungen benutzt hat. Vor allem ist hervorzuheben, daß die im Jahre 1887 begonnene Festungskarte des St. Gotthard auf einzelne Ergebnisse der Gotthardtunnel-Triangulation aufgebaut ist. Ihre Bezugebene ist 1110 m über Meer. Auf der Nordseite sind die Längen auf die Koordinaten der vier Punkte Gütsch, Bäzberg, Meiggelenstockgrat und Rienzerstockgrat und auf der Südseite auf die Seite Loitascia-Boggia bezogen. Die beiden Basispunkte in *Andermatt* wurden in diese von Ing. Rosenmund beobachtete Triangulation eingeschlossen. Er fand die Basislänge um 3,5 cm länger. als sie Gelpke bestimmte, d. h. 1430,47 m. Von den übrigen Beobachtungspfeilern wurde leider nur einer, der erste Gelpke-Pfeiler in Airolo einbezogen; die übrigen gerieten bis 1931 in Vergessenheit. Bei der Neutriangulation des Kantons Uri 1891–1900 und des Kantons Tessin von 1885–1895 verwendeten die Herren Ingenieure Gelpke, Rosenmund, Schmaßmann, Simonett, Pianca und Gianella vereinzelte Punkte der Gotthardtriangulation auf Urner- und Tessinergebiet als Neupunkte ihrer Triangulation. Nachdem die Erstellung einer einheitlichen Landestriangulation, die auch dem Zwecke der Grundbuchtriangulation dienen sollte, beschlossen worden war, begann bei der Erstellung dieser Triangulationen I.–IV. Ordnung eine *systematische Begehung* aller vorhandenen trigonometrischen Punkte älterer Werke. So sind bei der Urnertriangulation I.–III. Ordnung der Jahre 1916–1919, der Tessinertriangulation 1913–1921, und insbesondere bei den Detailtriangulationen IV. Ordnung des Urserentals, der Göschenenalp, des Bedrettotals und der oberen Leventina, die meisten trigonometrischen Punkte der Gotthardtriangulation begannen und größtenteils unverändert in die neuen Netze einbezogen wurden.

Da über die Axpfeiler und die Richtungsfenster keine genauen Lageskizzen bestunden, war ihre Kontrolle erschwert und es ist nur dem Zufall zu verdanken, daß der Basispunkt-West in Andermatt, etwas schief stehend, aber sonst gut erhalten, 1931 wieder vorgefunden wurde; ebenso im Jahre 1932 die beiden Richtungsfenster in Göschenen. Dagegen konnte der bei der Aufnahme der Festungskarte 1889 noch

vorhandene Basispunkt-Ost nahe der Göschenenreuß nicht gefunden werden; er wurde infolge Verbauung als verloren betrachtet. Ebenso blieben die Axpfeiler Nord und Süd von Koppe, sowie der Pfeiler Göschenen III und die Richtungsfenster in Airolo unentdeckt. Einzig der schon von Geometer Imobersteg in die Festungstriangulation einbezogene erste Gelpke-Pfeiler Airolo von 1869 wurde als Topopunkt 33 Airolo nachgeführt. So standen die Dinge um die Kenntnis der Tunnelfixpunkte im Frühling 1937.

(Schluß folgt.)

Schweizerischer Geometerverein.

Geschäftsbericht für das Jahr 1939.

1. Allgemeines.

Die weltpolitischen Entwicklungen, die in den vergangenen Jahren die wirtschaftlichen und sozialen Verhältnisse hemmend beeinflußten, haben zur gewalttätigen Aktion geführt. Wenn auch unser Land bis anhin vom Kriege verschont blieb, so hat sich doch sein Wirtschaftsleben grundlegend geändert. Konnten wir nach mehreren Krisenjahren in unserem Berufe hoffen, endlich wieder einmal normal beschäftigt zu sein, so muß uns das Geschehen die Überzeugung wachrufen, daß nicht nur unsere wirtschaftliche, vielmehr unsere staatliche Existenz auf dem Spiele steht. Der Großteil unserer Kollegen ist zu den Fahnen gerufen worden; vorerst gilt es die staatliche Existenz zu verteidigen. Nachher werden die Bemühungen wieder einzusetzen haben, unserem Berufsstande Arbeit zu verschaffen. Denn es wird für den finanzgeschwächten Staat schwer halten, alle seine Aufgaben im bisherigen Umfange durchzuführen. Ein sozial bedeutungsvolles Werk ist mit der Schaffung der Lohnausgleichskasse für die im Aktivdienst stehenden Arbeitnehmer in Szene gesetzt worden. Der Schweizerische Geometerverein verzichtete auf die Führung einer eigenen Verbandsausgleichskasse, da der Anschluß an die kantonalen Kassen unseren Mitgliedern besser dienen kann als eine Zentralisation. Im Jahre 1940 wird die Frage der Einführung der Ausgleichskasse für Selbständigerwerbende den Verein beschäftigen.

2. Mitgliederbewegung.

Im Berichtsjahre hat der Verein folgende Mitglieder durch den Tod verloren: de Courten Louis, Sion; Deppeler Robert, Zürich; Hofmann Hans, Elgg; Zwygart Alfred, Meikirch; Baumgartner Hans, Birsfelden; Maye Oscar, Sion; Ullmann August, Zürich; Ruckstuhl Jak., Winterthur; Albert Bollier, Genf; Hofmann Emil, Winterthur.

Der Schweizerische Geometerverein gedenkt ihrer in Dankbarkeit und wird ihnen ein gutes Andenken bewahren.

Die Mitgliederbewegung zeigt folgendes Bild:

Mitgliederbestand Ende 1938		471
Im Berichtsjahr ausgetreten	4	
Im Berichtsjahr verstorben	10	
Rückgang	14	
Neueintritte	5	
Mitgliederbestand am 31. Dezember 1939		462