Die neuen Linien der rhätischen Bahn

Autor(en): **Graf, W.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **39/40 (1902)**

Heft 26

PDF erstellt am: **29.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-23470

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

Die Betriebsspannung für das Strassenbahnnetz beträgt 550 Volt. Die von der unteren Kraftzentrale kommende Speiseleitung von 100 *mm*² endet am Rheinstege in einem Verteilungskasten, von welchem zwei Kabel zu zwei Streckenausschaltern der Neuhauserlinie führen. Zur Speisung der Schützenhauslinie dient eine eigene Speiseleitung ebenfalls von 100 *mm*².

Die Erweiterungsbauten der Elektrizitätswerke in Schaffhausen.

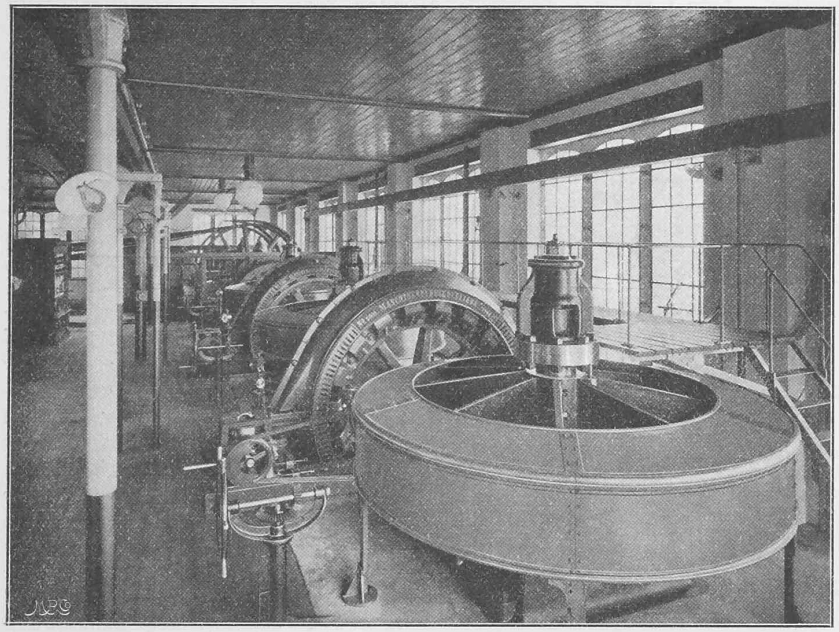


Abb. 1. Innenansicht der untern Kraftzentrale.

Zur Kontaktleitung ist ein 8 *mm* dicker, hartgezogener Kupferdraht verwendet, welcher mittelst 6 *mm* Stahl-Spanndrähten auf Masten aus Mannesmanröhren und Mauerrosetten 6,5 *m* über Schienenoberkante aufgehängt ist. Durch entsprechend verteilte Blitzschutzapparate ist die Kontaktleitung gesichert. Zur Stromabnahme dienen Trolley, während die Rückleitung des Stromes durch die Schienen und von denselben nach der Unterstation durch ein isoliertes Kabel erfolgt.

Der mechanische Teil der neun Motorwagen wurde von der Schweiz. Industrie-Gesellschaft in Neuhausen geliefert. Das Untergestell besteht aus dem eigentlichen Motorgestell und dem Kastengestell. Ersteres hat zwei gepresste Stahlblech-Längsträger, welche durch Profileisen verbunden sind und auf den Achsbüchsen aus Stahlguss ruhen. Das Kastengestell wird von Pinzette- und Stahlfedern getragen. Die Plattformen sind geschlossen und von dem Wageninnern durch Schiebetüren getrennt. Die aus Holzlatten gebildeten Bänke laufen in der Längsrichtung. Aussen ist der Kasten mit Stahlblech verkleidet und mit wasserdichtem Segeltuch abgedeckt. Die Wagen sind mit achtklötzigen Spindelbremsen ausgerüstet. Für die auf der Schützenhauslinie verkehrenden Wagen sind besonder Sicherheitsbremsen vorgesehen. Diese bestehen aus acht Radschuhen, die zu je vier zusammengekuppelt sind und mit einer von jedem Führerstande aus zu betätigenden Anlassvorrichtung unter die Räder gebracht werden können, sodass das ganze Wagengewicht jeweils auf vier Radschuhen ruht. Die Schuhe werden mittelst einer seitlich am Wagen einzusteckenden Kurbel in die Ruhestellung zurückgebracht.

Jeder Wagen ist mit zwei Motoren (Maschinentyp Oerlikon T M5) ausgerüstet (Abb. 7 S. 286). Die Motoren, welche je 24 *P.S.* leisten, haben ein geschlossenes Gehäuse aus Stahlguss, das zugleich als Magnetkranz dient. Die aus lamelliertem Eisenblech hergestellten Magnetpole sind im Innern des Gehäuses angeschraubt, und die beiden Hälften des letztern sind aufklappbar, sodass das Innere des Gehäuses vollständig zugänglich ist und der Anker bequem ausgewechselt werden kann. Die Motorlager sind mit Ringschmierung, die Triebachsenlager mit Filzschmierung versehen. Die Stromabnahme am Kollektor erfolgt bei jedem Motor durch vier Kollektorbürsten. Durch die sogenannten Kollektor-Revisionsöffnungen ist es möglich, beim fertig montierten Wagen von oben bequem zu den Kollektorbürsten zu gelangen. Mittels der Regulierapparate, System Serie-Parallel, werden die Motoren zum Anfahren und für langsame Fahrt in Serie, für schnelle Fahrt und grosse Kraftleistungen parallel geschaltet. Die gleichen Schalter können für Vor- und Rückwärtsgang benutzt werden. Es sind vier verschiedene Stellungen für Serieschaltung, sechs verschiedene Stellungen für Parallelschaltung und sechs Bremsstufen vorhanden. Die Bremsung kann sowohl an einem als auch an beiden Motoren erfolgen.

Die Remise (Abb. 8) ist als Rohziegelbau mit Oberlichtern und Holzzementdach ausgeführt, enthält zwei Putzgruben und dient zur Aufnahme von zwölf Wagen. Eine Schmiede und eine elektrisch betriebene Reparaturwerkstätte sind an die Remise angebaut. *S. H.*

Die neuen Linien der rhätischen Bahn.

Einiges über die Tunnelabsteckungen auf der Albulabahn.

Von *W. Graf*, Sektionsgeometer.

In den Tunnels, die auf der Albulabahn von Thusis bis St. Moritz in grosser Anzahl vorhanden sind, wurden verschiedene Methoden zur Bestimmung von Länge und Richtung angewandt, die den jeweiligen örtlichen Verhältnissen und sonstigen Umständen angepasst waren. Im folgenden sollen einige Beispiele in Kürze beschrieben werden.

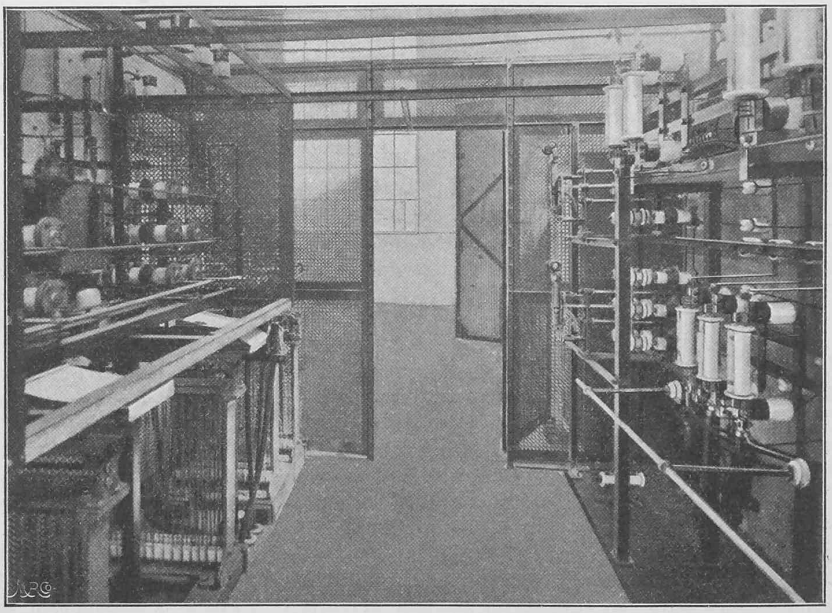


Abb. 6. Apparatenanlage der obern Kraftzentrale.

I. Albulatunnel (5866 *m* lang).

Durch eine frühere Triangulation war für den Baubeginn die Richtung der beidseitigen Vortriebstollen annähernd fest-

gestellt und auf jeder Seite durch einen festen Punkt, als „Observatorium Nord“ und „Observatorium Süd“, bezeichnet worden. Die Lage dieser zwei Richtungspunkte der Tunnelgeraden war durch eine Spezialtriangulation bestimmt, die auf jeder Seite des Albulahöhenzuges an drei neuberechnete Dreieckspunkte der eidgenössischen Triangulation anschloss. Mit dieser Triangulation wurden, wie aus Abb. 1 (S. 287) ersichtlich ist, auf jeder Bergseite einschliesslich der beiden Observatorien vier neue Punkte festgelegt und aus den Resultaten diejenigen Winkel abgeleitet, welche die gesuchte Tunnelrichtung mit den anstossenden Dreiecksseiten auf den Observatorien bildet. Die erste Triangulierung war von Ing. R. Wildberger in Chur ausgeführt, welcher auch die erste provisorische Absteckung der Achse über den Berg gemacht hatte. Auf dem topographischen Bureau in Bern wurde die Kontrollberechnung der Anschluss- und neuen Signale von Ingenieur Oberst Reber vom eidgen. topographischen Bureau durchgeführt, der auch während des Baues die Hauptkontrolle der Richtungsangaben im Tunnel ausübte. Die letzte Triangulation zur Tunnellängenbestimmung wurde von Sektionsgeometer W. Graf vorgenommen, der dann zusammen mit Ingenieur Reber die definitive Achse über den Berg absteckte und im Tunnel während des Baues die Achsabsteckungen besorgte. Die ganze Arbeit war infolge der geringeren räumlichen Ausdehnung des Operationsgebietes, der geringeren Länge des Tunnels, sowie auch wegen der grossen Höhenlage desselben von 1814 *m* ü. M. mit weniger Schwierigkeiten verbunden, als dies z. B. bei den Richtungsbestimmungen für den Gotthard- und den Simplontunnel der Fall war.

Die elektrisch betriebene Strassenbahn in Schaffhausen.

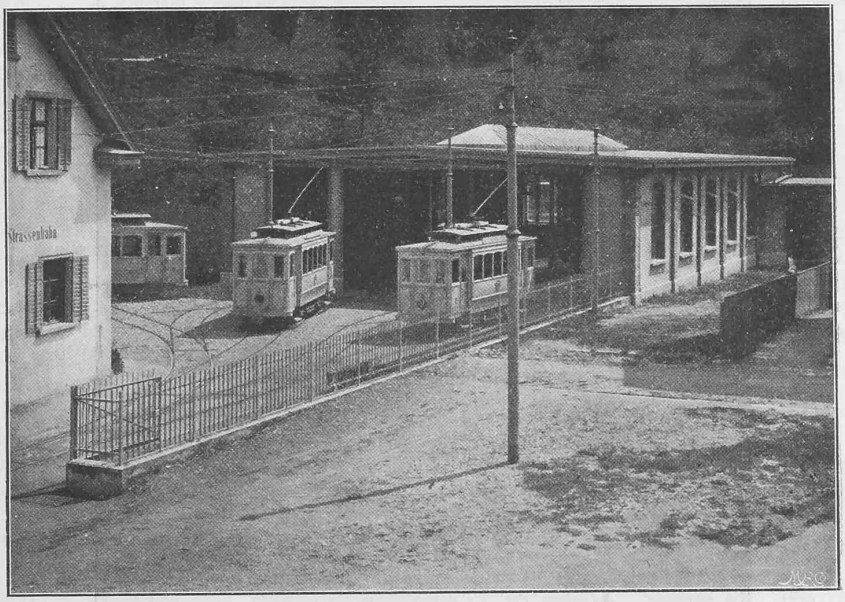


Abb. 8. Ansicht der Remise in Schaffhausen.

Triangulation. Wie bereits angeführt, war die Lage der Tunnelgeraden durch die zwei fest angenommenen Punkte „Observatorium Nord“ und „Observatorium Süd“ bezeichnet, und zwar sollte die Lage jedes dieser Punkte aus drei Signalen abgeleitet und dann zur völligen Sicherheit die Gerade über den Berg abgesteckt und auf dem Gipfel durch von den Observatorien aus sichtbare Signale bezeichnet werden. Die Anlage des Dreiecksnetzes wird durch Abbildung 1 veranschaulicht. Die Observatorien und Signalpunkte wurden bezeichnet durch in Zementmörtel gemauerte Signalpfeiler von den aus Abb. 2 (S. 287) ersichtlichen Abmessungen. Als Zentrum galt der Mittelpunkt der in den Pfeiler eingelassenen Eisenröhre von 8 *cm* lichtem Durchmesser, in die — zum Anvisieren von den andern Signalen aus — eine Holzstange von 75 *mm* Durchmesser und etwa 2 *m* freier Höhe gestellt wurde. Der Observatoriumspfeiler auf der Südseite, der auf dem Schuttkegel eines von Chô d'Valletta herunterkommenden Lawinenzuges liegt, wurde oberhalb durch eine in der Lawinenrichtung liegende, den Pfeiler überragende dachförmige Schutzmauer von etwa 3 *m* Länge versichert; zugleich wurde gegen das Pfeilerfundament ein Strebepfeiler in Mörtel von etwa 2,2 *m* Länge und 2 *m* Breite erstellt, sodass jede Gefahr einer Beschädigung durch Lawinen ausgeschlossen erschien.

Die Winkelmessungen wurden teils im Herbst 1898, teils im Frühjahr 1899 vorgenommen. Zur Verwendung kamen Repetitionstheodolite von Kern & Cie. in Aarau mit Teilkreisen von 21 und 24 *cm*. Sämtliche Winkel wurden in beiden Fernrohrlagen fünf- bis sechsmal gemessen, im ganzen zehn- bis zwölfmal repetiert und in gleicher Weise ebenfalls die Ergänzungswinkel zu 360° für jeden Winkel bestimmt.

Die Witterung war für die Winkelbeobachtungen meistens günstig. Die Messungen wurden vom 2.—16. September und vom 5.—8. Dezember 1898 ausgeführt, während im Juni und Juli 1899 noch die Ergänzungswinkel für die definitive Tunnellängenbestimmung zu messen waren.

Berechnung der Tunnellänge. Aus den neuerdings berechneten Koordinaten der Anschlussignale III. Ordnung des eidgenössischen Triangulationsnetzes — nordseits aus jenen der Signale: Prosonch, Rugnux dadains und Muot sureint, südseits aus jenen von Bevers, Piz Mezzem und Muot Gravatscha — wurden die Längen, Richtungswinkel und Koordinaten der neuen Signale, einschliesslich der beiden Observatorien abgeleitet; man fand hierbei für

Observatorium Nord . . y — 178 362,91 x + 37 204,87
„ Süd . . . y — 185 757,28 x + 41 359,87

woraus sich ergab:

Azimut Observatorium Süd — Observatorium Nord = = 119° 19′ 56″.

Länge zwischen Observatorium Süd und Observatorium Nord (log. 3,9284873) = 8 481,79 *m* auf Meereshöhe, oder auf die Höhe von 1810 *m* ü. M. bezogen = 8 484,18 *m*

Durch die beidseitige Spezialtriangulation mit ergänzender direkter Längenmessung wurden bestimmt:

Die Länge von Observatorium Nord bis zum ausgeführten Portal bei Preda	= 1 069,43 *m*
Diejenige vom Observatorium Süd bis zum Tunnelportal in Spinas	= 1 548,72 „
Zusammen . . .	2 618,15 *m*
Womit die Länge des Albulatunnels mit . .	5 866,03 *m*

gegeben war. Eine Kontrollwinkelmessung, die anlässlich der letzten Hauptabsteckung zu Ostern 1902 auf je einem in der Tunnelachse liegenden Punkt der beiden Stationsplateaus vorgenommen worden ist, ergab mit pothenotischer Berechnung ein mit obiger Länge vollständig übereinstimmendes Resultat.

Richtungsangabe vor und im Tunnel. Mit Hilfe der in der Berechnung gefundenen Azimute der von den beiden Observatorien ausgehenden Dreiecksseiten wurden die Winkel abgeleitet, welche die anzugebende Tunnelrichtung daselbst mit diesen anstossenden Dreiecksseiten bildet, und dann mit diesen Winkeln ein Achspunkt in die Nähe des Richtstollens übertragen. Nachdem die Richtung anfangs Juli von Sektionsgeometer W. Graf annähernd auf dem Gipfel des Piz Giumels bestimmt und weitere Vorbereitungen zur Absteckung getroffen waren, wurde die Tunnelrichtung auf

dem Berggipfel im Juli 1899 zur grössern Sicherheit von den Ingenieuren Reber und Graf nochmals kontrolliert. Zur Verwendung kam hierbei ein grosser Theodolit von 24 *cm* Teilkreis mit sehr empfindlichen Libellen. Bei dieser Absteckung war es leider nicht möglich, von einem einzigen Instrumentstand aus beide Observatorien gleichzeitig zu sehen. Es mussten zwei Stationen gemacht werden, die etwa 15—20 *m* auseinander lagen, und ein indirekter Richtungspunkt an dem nordwestwärts liegenden scharf gezackten Kamm des Rugnux dadains angenommen werden, der auch von der zweiten, südlichen Station auf Piz Giumels aus sichtbar war. Die Absteckung ist in Abbildung 3 schematisch dargestellt.

Von der Südstation aus war auch das Signal „Observatorium Süd" sichtbar. Mit grosser Mühe wurden zwei Punkte festgelegt, seitlich versichert und durch eingemauerte Signalstangen bezeichnet, die von den betreffenden Observatorien aus sichtbar waren.

Für alle weitern Richtungsangaben von den Observatorien aus sind während des Baues dann ausschliesslich diese Signale benutzt worden; zugleich wurde auch, um von schlechter Witterung und von Nebel unabhängig zu sein, auf jeder Seite in nicht allzugrosser Höhe über dem Tunnel eine *Visiermarke* errichtet. Diese Visiermarke wurde auf einer solid befestigten, weiss bemalten Tafel von 1 m^2 durch einen 2 *cm* breiten schwarzen Strich gebildet, dessen Mittel durch zehnmalige Einvisierung vom Observatorium aus bestimmt war. Bei einer Entfernung dieser Visiermarken von rund 2000 und 2600 *m* vom Observatorium, ergaben dieselben gute Anhaltspunkte für die Achsangaben in den Tunnel hinein.

Nach dieser Feststellung der Tunnelrichtung ausserhalb des Tunnels wurden beiderseits bei den Tunnelportalen (bezw. etwa 60 *m* innerhalb) je ein guter Richtungspunkt angegeben, von dem aus mit Hilfe des bezüglichen Observatoriums die weitere Richtungsgabe in den Tunnel hinein erfolgte. Für diese Hauptrichtungspunkte waren in der Tunnelsohle ungefähr auf Planiehöhe 50 bis 70 *cm* lange Holzklötze von 30 *cm* Durchmesser einbetoniert und in dieselben grosse Eisennägel mit flachen, 5—6 *cm* breiten, versenkten Köpfen eingelassen. Die Angabe der Achsrichtungen im Tunnel bestand somit in der Verlängerung einer durch zwei Punkte bestimmten Geraden in den Tunnel hinein bis zur Durchschlagsstelle. Es wurde bei diesen Einvisierungen mit einer Kreisstellung in beiden Fernrohrlagen die Richtung angegeben und dann der Kreis um 60 ° gedreht, worauf weitere zwei Angaben in den beiden Fernrohrlagen erfolgten. Dieser Vorgang wiederholte sich je nach der Bedeutung des zu bestimmenden Punktes vier- bis sechsmal. Das erhaltene Mittel der auf einem Papierstreifen verzeichneten Einzelvisuren wurde als definitive Richtung angenommen, auf den Nagel heruntergelotet und daselbst mit einem Kreuz bezeichnet.

Die elektrisch betriebene Strassenbahn in Schaffhausen.

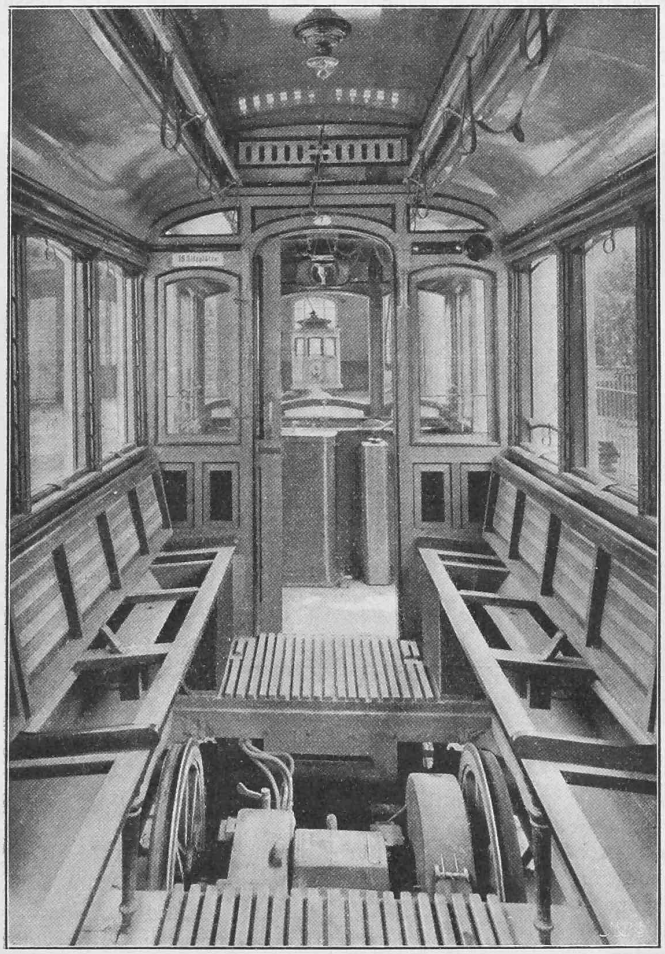


Abb. 7. Innenansicht des Wagens mit abgehobenem Fussboden.

Während des Stollenvortriebes wurden vom Personal der Tunnelbauführung ungefähr alle 100 *m* provisorische Richtungspunkte angegeben, die dann von Zeit zu Zeit und je nach Bedürfnis, gewöhnlich nach etwa 300 *m* Fortschritt, von dem mit der Achskontrolle im Tunnel beauftragten Sektionsgeometer nachkontrolliert wurden. Alle 600 *m*, entsprechend der Länge des bei den Achskontrollen verwendeten Telephonkabels, wurde ein Hauptrichtungspunkt erstellt. Die Hauptachskontrolle wurde jährlich einmal auf jeder Seite durch Ingenieur Reber ausgeführt.

Zur *Längenmessung* diente ein Stahlmessband von 16 *mm* Bandbreite, das vorher auf dem Komparator der eidg. Eichstätte in Bern verglichen war. Die Messung geschah während des Arbeitsbetriebes durch vier- bis sechsmalige Messung der Einzelabschnitte, wobei die Temperatur des Stahlbandes durch Messung der Wassertemperatur auf der Messtrecke ermittelt und in die Berechnung einbezogen wurde.

Als Ausgangspunkte für die *Höhenkontrolle* dienten die bei den Hauptkontrollen auf ihre Höhe untersuchten Höhenfixpunkte, welche auf den einbetonierten Achspflöcken selbst jährlich einmal vom Portal aus einnivelliert wurden. Zu diesem Zwecke waren in der Nähe jedes Portales Höhenfixpunkte angebracht, deren Höhenlage wieder von den in nicht zu grosser Entfernung von den beiden Tunnelmündungen befindlichen Höhenpunkten des eidgenössischen Fixpunktnivellements aus abgeleitet war. Zur Verwendung kamen dabei ein Nivellierinstrument von Kern & Cie. und eine aus der gleichen Fabrik stammende Reversionsmire von 2 *m* Länge.

Apparate und Einrichtungen. Zur Richtungsangabe im Tunnel diente ein *Repetitionstheodolit* (Abb. 4 S. 289) von Kern & Cie. von 21 *cm* Kreisdurchmesser gewöhnlicher Konstruktion, dessen Fadenkreuz durch eine am Objektivring des Fernrohres unter einem Winkel von 45 ° aufgesteckte, in der Mitte durchbrochene Blende mittels Kerzen- oder Acetylenlicht beleuchtet wurde.

Sowohl für die Lampen als auch für die Absteckungsinstrumente bediente man sich im Innern des Tunnels solider, hölzerner Stative mit eisernem, abhebbarem Aufsatz (Abb. 5 S. 288) von ähnlicher, jedoch etwas leichterer Konstruktion, wie solche bei den Absteckungsarbeiten am Simplontunnel gebraucht werden[1]); diese Stative wie auch die zugehörigen Beleuchtungsapparate hatte die mechanische Werkstätte von Pfister & Streit in Bern geliefert. Das Oberstativ, d. h. der Aufsatz, besteht aus zwei eisernen, etwa 15 *mm* dicken Platten, wovon die untere mit drei angenieteten Lappen zum Befestigen am Teller des Stativdreifusses versehen ist. Die obere Platte, der Schlitten, hat wie die untere einen kreisrunden Ausschnitt von 10 *cm* Durchmesser und kann

[1]) Band XXXVII, S. 245.

zwischen zwei schräg abgefasten Führungsleisten mit einer Mikrometerschraube seitlich verschoben werden. Auf der einen Leiste ist eine Klemmvorrichtung für den Papierstreifen, auf dem die Einzelvisuren aufgezeichnet werden, angebracht. Gegenüber der Klemmvorrichtung befindet sich auf dem Schlitten die Marke, längs welcher nach telephonischer Mitteilung, dass die einvisierte Lampe richtig eingestellt sei, durch einen Strich die Einvisierung auf dem Streifen markiert wurde. Sobald eine genügende Anzahl von guten Visuren vorhanden war, wurde das Mittel derselben auf den Pflock abgelotet und bezeichnet. Die Horizontalstellung des eisernen Aufsatzes geschah durch Unterschieben von flachen Holzkeilen zwischen Holzteller und Oberstativ. Auf der Eisenplatte des Schlittens war zentrisch mit der Ausschnittsöffnung die Stellung der Fusschrauben für das Absteckinstrument und die Beleuchtungslampe bezeichnet, sodass beim Vorrücken die betreffenden Apparate ohne weiteres an den richtigen Platz gestellt werden konnten.

Die Lampe bestand aus einem Acetylenbrenner mit dreiarmigem Träger; die Horizontalstellung wurde mit Zuhülfenahme einer Dosenlibelle durch drei Fusschrauben bewirkt. Durch einen Gummischlauch stand die Lampe mit dem Generator (System Dr. Gerster), der an einem Hacken unter dem Stativ aufgehängt war, in Verbindung.

Da die drei Stationen — der Nachtrupp mit Beleuchtungsapparat, der Absteckrupp mit dem Theodolit und, gegen den Richtstollen, der Vortrupp mit Beleuchtungsapparat — gewöhnlich in grösserer Entfernung von einander waren und optische Signale aus verschiedenen Ursachen nicht anwendbar schienen, wurde zur Uebermittelung von Mitteilungen zwischen den Stationen ein Telephondienst eingerichtet mit drei Feldtelephonstationen und Feldtelephonkabeln von je 600 *m* Länge. Die Kabel wurden seitlich auf den Boden gelegt.

Durchschlagsergebnisse. Der Durchbruch des Richtstollens erfolgte, nachdem auf der Südseite der Vortrieb seit einigen Tagen eingestellt worden war, am 29. Mai 1902, morgens 3½ Uhr mit augenscheinlichem gutem Zusammentreffen. Der tiefer liegende Richtstollen der Nordseite wurde vorerst etwas weiter durchgeschlitzt und hierauf die beidseitigen Absteckungen von den letzten, vom 28.—31. März 1902 erstellten Fixpunkten aus, in gleicher Weise wie früher bis in die Nähe der Durchbruchstelle verlängert.

Bei dem Durchschlagspunkt, der 3070 *m* vom Nordportal und 2795 *m* vom Südportal entfernt ist, ergab sich eine Abweichung in der Länge von 1,150 *m* (Verkürzung)
„ „ „ „ Richtung „ 0,050 *m*
„ „ „ „ Höhe „ 0,048 *m*.

II. Kehrtunnel.

Für die Berechnung und Absteckung der fünf Kehrtunnel zwischen den Stationen Filisur und Preda wurde, den örtlichen Verhältnissen entsprechend, von der Vornahme einer umständlichen Spezialtriangulation mit Anschluss an

Einiges über die Tunnelabsteckungen auf der Albulabahn.

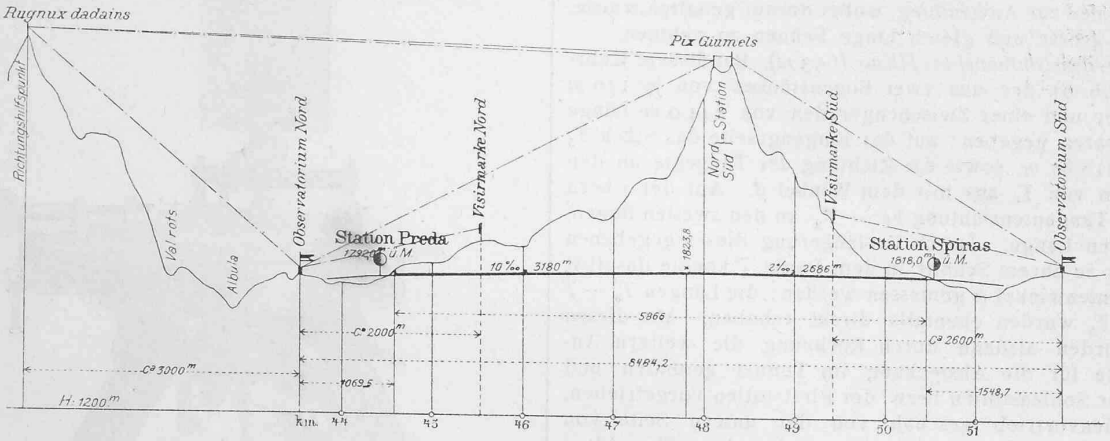


Abb. 3. Längenprofil der Absteckung des Albulatunnels. — Masstab 1 : 75 000 für die Längen, 1 : 30 000 für die Höhen.

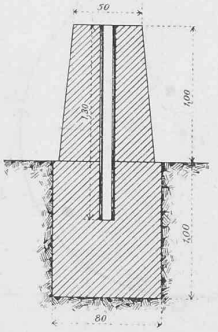


Abb. 2. Signalpfeiler.

Abb. 1. Dreiecksnetz zur Absteckung des Albulatunnels.

Masstab 1 : 100 000.

die Landestriangulation Umgang genommen. Es wurde auf einfache Weise, jedoch mit wiederholten Messungen, die Lage der Tangenten zu einander bestimmt, die an die Kreisbogenstücke der Kehrtunnel gelegt waren. Mit Hülfe dieser Längen wurden die Absteckungselemente berechnet und während des Arbeitsfortschrittes auf das Feld bezw. in den Tunnel übertragen. Bei Absteckung der Bogenpunkte im Tunnel gelangte die Methode der Absteckung mittels Sehnen zur Anwendung, wobei darauf gehalten wurde, möglichst grosse und gleich lange Sehnen zu nehmen.

a. Greifensteintunnel bei Filisur (693 *m*). Bei diesem Kehrtunnel (Abb. 6), der aus zwei Bogenstücken von je 120 *m* Halbmesser und einer Zwischengeraden von 244,0 *m* Länge besteht, waren gegeben: auf der Eingangsseite das Stück $T_5 - T_6 = 218{,}87$ *m*, sowie die Richtung der Tangente an den Kreisbogen von T_6 aus mit dem Winkel β. Auf der obern Seite eine Tangentenrichtung *be* — T_9 an den zweiten Bogen, sowie deren Länge. Durch Verlängerung dieser gegebenen Linien bis zu ihrem Schnitt in dem Punkt *T* konnte daselbst der Tangentenwinkel α gemessen werden; die Längen $T_9 - T$ und $T - T_5$ wurden ebenfalls direkt erhoben. Mit diesen Daten wurden alsdann durch Rechnung die weitern Anhaltspunkte für die Absteckung im Tunnel gefunden und danach der Sohlenstollen bezw. der Firststollen vorgetrieben. Der Stollenvortrieb geschah von der untern Seite von Km. 24,2806 bis 24,700, während von der obern Seite bloss etwa 260 *m* erbohrt wurden. Die nach dem am 23. August

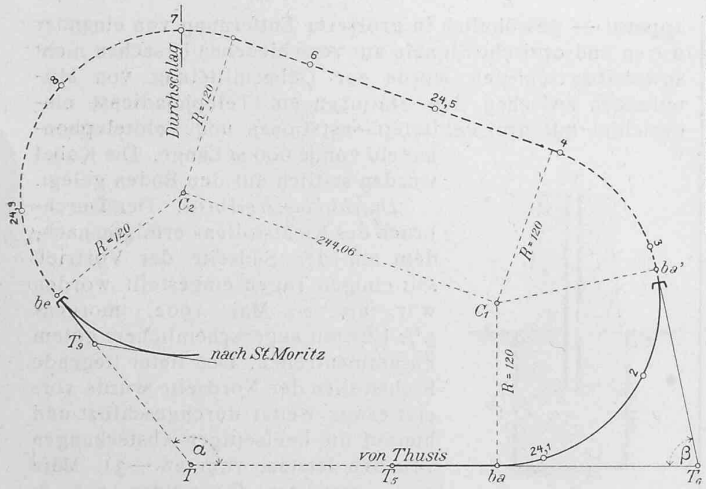


Abb. 6. Der Greifensteintunnel bei Filisur.

1901 bei Km. 24,700 erfolgten Durchschlag des Richtstollens vorgenommene Kontrolle der Achsabsteckung ergab eine Abweichung in der Richtung von 8 *cm*,
in der Länge von 7 *cm*.

b. Kehrtunnel „God" bei Bergün (485 *m* lang). Die Absteckung dieses in der Nähe des Dorfes Bergün gelegenen Kehrtunnels (Abb. 7) war insoweit etwas komplizierter, als sich der Tunneleingang an einem Felshang befindet und der Tunnelausgang in einer Gegenkurve vom gleichen Halbmesser liegt. Immerhin konnten alle Absteckungselemente auf direktem Wege durch Messung bestimmt werden. Für die Absteckung in das Innere des Tunnels hinein wurden bei beiden Tunnelmündungen Achspunkte (Km. 33,450 und Km. 33,950) berechnet und ins Feld übertragen. Von diesen zwei Achspunkten aus erfolgten dann die weiteren Richtungsangaben im Richtstollen und zwar auf der untern Seite von Km. 33,450 bis nach Km. 33,8218 und auf der obern Seite von Km. 33,950 bis Km. 33,3218. Der Stollendurchschlag erfolgte am 7. Oktober 1901 bei Km. 33,809. Die nachträgliche Durchschlags-Achskontrolle ergab bei dem von beiden Seiten her bestimmten Achspunkt bei Km. 33,8218 eine Abweichung in der Richtung von 0,02 *m*,
in der Länge von 0,03 *m*.

c. „Rugnux"-Kehrtunnel (661 *m* lang). Für die Berechnung des Korbbogens, der aus zwei Bogenstücken von 155 und 120 *m* Halbmesser besteht (Abb. 8) und im letzten kleinern Teil als offener Felsanschnitt um einen Ausläufer des Rugnux dadains herumgeführt wird, waren gegeben: Die Richtung der Anfangstangente $T_1 - A$, ebenso diejenige der Ausgangstangente *be* — *T*, sowie die Lage des Punktes

Einiges über die Tunnelabsteckungen auf der Albulabahn.

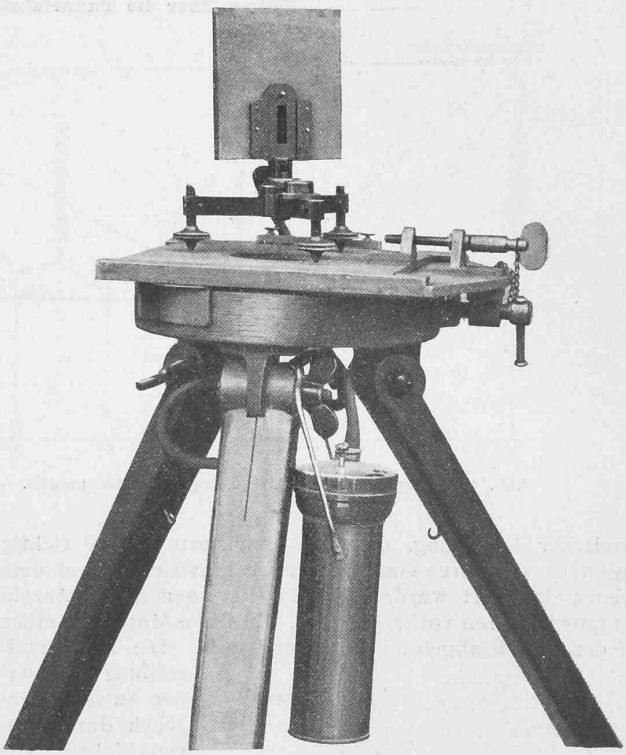


Abb. 5. Stativ für die Tunnelabsteckungen.

be am Korbbogenende. Der Schnittpunkt der beiden Berührenden war jedoch nicht direkt bestimmbar, da sich zwischen dem Hilfspunkt *B* und Tangentenschnitt T_2 ein Felskopf befand. Durch Messung der Hilfslinie *A*—*B* und der nötigen Winkel wurde die Lage von T_2 sowie der Winkel der Tangenten daselbst berechnet, worauf die Berechnung des Korbbogens möglich war. Die Absteckung auf der untern Seite mit dem Bogen von 155 *m* Radius war einfach, während auf der oberen Seite etwas kompliziertere Operationen nötig waren. Vom Korbbogenende, d. h. dem

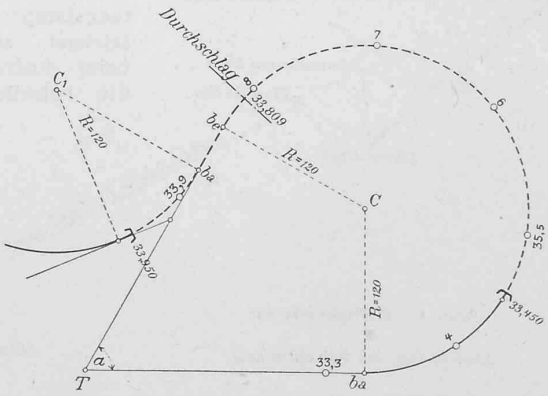


Abb. 7. Der «God»-Tunnel bei Bergün.

Punkte *C*, aus wurden Tangenten an den reinen Bogen berechnet und von hier aus der Punkt *D* abgesteckt, der auf der Zwischentangente an den vor dem Ausgangsportal liegenden Kreisbogenpunkt *E* (Km. 39,353) liegen sollte. Die Richtung dieser Zwischentangente wurde alsdann rückwärts von *E* über *D* nach dem Punkt *S* auf der Eingangstangente verlängert. Ueber dem Schnittpunkt *S* dieser zwei

Tangenten wurde ein Pfeiler errichtet mit zentrischer Röhre und die in diese Röhre eingesteckte Signalstange diente als Anschlussrichtung für die Absteckung auf der obern und untern Seite des Tunnels. Wegen sehr starkem Wasserzudrang auf der obern Seite wurde der Stollenvortrieb grösstenteils von unten her ausgeführt und es erfolgte der

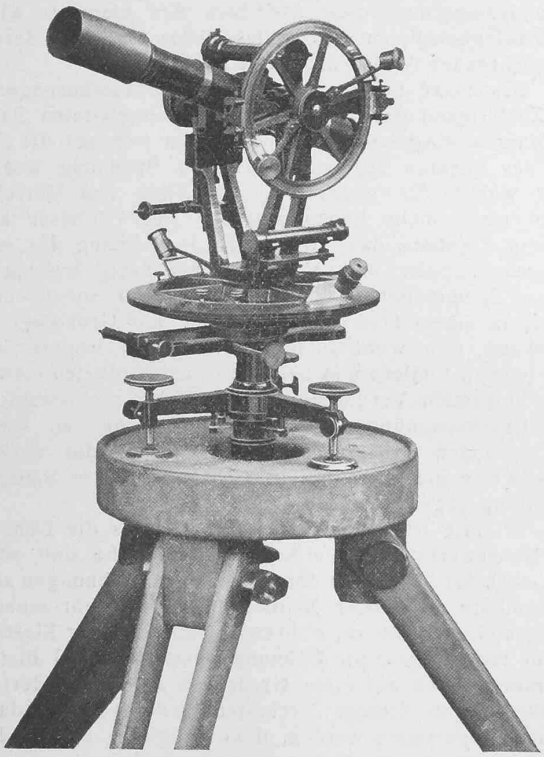


Abb. 4. Repetitionstheodolit für die Tunnelabsteckungen.

Durchschlag am 16. Juli 1902 an der in Abb. 8 bezeichneten Stelle bei Km. 39,161. Die Achskontrolle im Richtstollen ergab folgende Abweichungen:

In der Länge 0,30 *m* (Verkürzung),
in der Richtung 0,10 *m*.

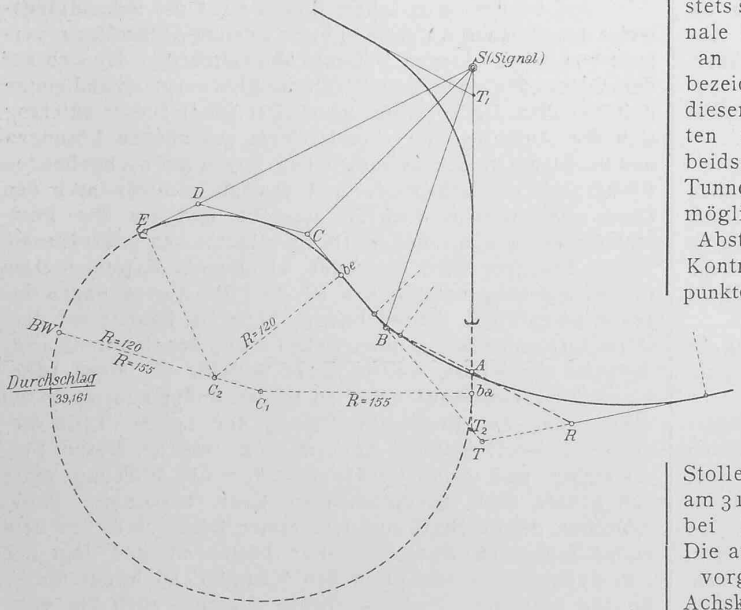


Abb. 8. Der «Rugnux»-Tunnel.

d. Unterer Toua-Tunnel (676 *m* lang). Dieser Kehrtunnel (Abb. 9) liegt im Talkessel bei Punt ota und besteht aus einem Korbbogen mit drei Bogenstücken von 120, 300 und 120 *m* Halbmesser.

Aus den Projektplänen wurden die beiden Korbbogentangenten durch die beiden Teilstücke 6—7 unten und 4—5 oben auf dem Feld bezeichnet, durch Auslichten des Waldes die notwendigen Durchsichten zwischen den Eckpunkten erstellt, und die Winkel, sowie die Seiten 4—5 und 6—7 gemessen, worauf durch Rechnung die Lage des Tangentschnittes bei *T*, sowie der Tangentenwinkel α erhalten wurde. Nach Entfernung des Waldes wurde später eine Kontrollberechnung mit Messung der Linie $6—7^a$, sowie der bezüglichen Winkel bei 4, 5^a, 6 und 7^a vorgenommen, welche ein übereinstimmendes Resultat mit der ersten Berechnung ergab. Für die weitere Berechnung des Korbbogens waren dann die Lage des Korbbogenanfangs *ba* auf der untern, sowie des Korbbogenendes *be* auf der obern Tangente fest angenommen, wodurch dann auch die Grösse der Mittelpunktswinkel der drei Bogenstücke, sowie die Länge der einzelnen Bogen bestimmt war. Da Bogenanfang und Bogenende

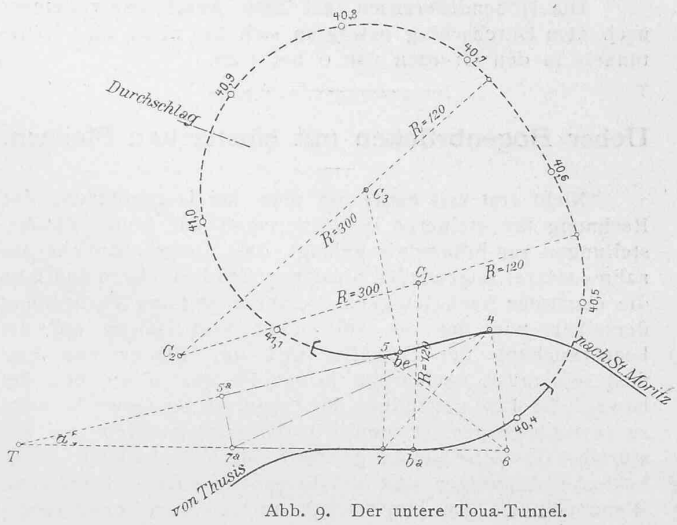


Abb. 9. Der untere Toua-Tunnel.

aber 117 bzw. 64 *m* von den Tunnelportalen entfernt lagen, wurden in der Nähe derselben Achspunkte fest bestimmt und die an diese Punkte des Bogens gelegten Tangenten auf dem Terrain an geeigneter Stelle durch stets sichtbare Signale oder Marken an Felsblöcken bezeichnet. Von diesen Hauptpunkten aus wurden beidseitig in den Tunnel hinein, in möglichst grossen Abständen die Kontrollrichtungspunkte gegeben nach der bereits erwähnten Absteckmethode. Der Durchschlag des Stollens erfolgte am 31. Januar 1902 bei Km. 40,934. Die am 7. Februar vorgenommene Achskontrolle ergab Abweichungen in der Länge von 0,02 *m*, in der Richtung von 0,03 *m*.

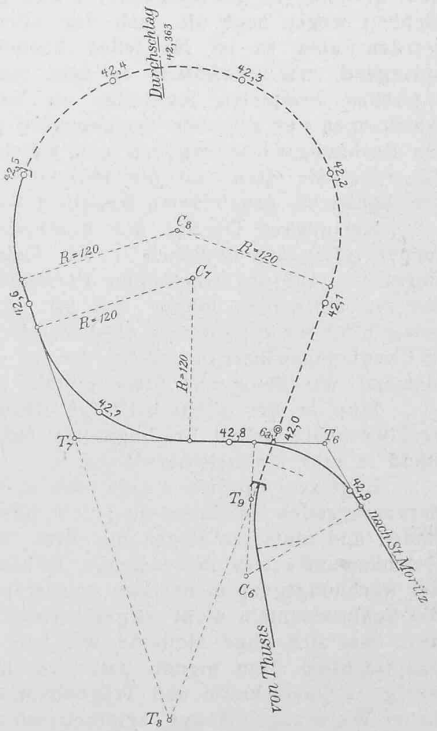


Abb. 10. Der obere Toua-Tunnel.

e. Oberer Toua-Tunnel (535 *m* lang). Auch dieser letzte Kehrtunnel (Abb. 10) auf der Nordseite der Albulalinie, der aus einem einfachen Bogen von 120 *m* Halbmesser mit

einem kleinen Gegenbogen am unteren Ende besteht, liegt in einem dicht bewaldeten Abhang. Durch Messung der Zwischentangenten 6^a—T_7 und der Winkel in 6^a und T_7 war die Lage des Tangentenschnittes T_8, sowie auch jene des Kehrbogens bestimmt. Auf der untern Seite wurde die Tangentenrichtung T_8—T_9 auf dem linken Albulaufer an einem Felsen markiert; beim Tunnelausgang, der etwa 75 *m* vom Bogenende entfernt liegt, wurde eine Tangente an den Bogenpunkt Km. 42,500 gelegt und diese Richtung auf der gegenüberliegenden Talseite an einem Felsblock mit Farbe bezeichnet. Mittels dieser beiden Richtungen wurde die Richtungsangabe im Tunnel vollzogen. Nachdem am 11. Februar 1901 der Richtstollen durchbrochen war, wurde bei der Durchschlagskontrolle eine Abweichung

in der Richtung von 0,05 *m*,
in der Länge von 0,05 *m* festgestellt.

Die Höhendifferenzen bei dem Anschlussnivellement nach dem Durchschlag bewegten sich bei allen fünf Kehrtunnels in den Grenzen von 0 bis 3 *cm*.

Ueber Bogenbrücken mit elastischen Pfeilern.

Nicht erst seit heute ist man bei Durchführung der Rechnung für steinerne Gewölbereihen auf hohen Pfeilerstellungen zur Erkenntnis gelangt, dass die gewöhnliche Annahme starrer Bogenenden nicht zutreffend sein kann und dass die elastische Nachgiebigkeit, Verschiebung und Verdrehung derselben wie der sie stützenden Pfeilerköpfe auf die Beanspruchung der Gewölbe und der Pfeiler von Einfluss sein muss, namentlich in den Fällen, in welchen die bewegliche Last gegenüber der Eigenlast der Gewölbe nicht zu vernachlässigen ist, und wo die erstere zudem nur ein einzelnes Gewölbe aus der ganzen Reihe belasten kann. Diese beiden Bedingungen sind bei Eisenbahnbrücken vorhanden. Wenn man sich trotzdem bis jetzt mit den alten Berechnungsweisen begnügt hat, so dürfte das seinen Grund hauptsächlich darin haben, dass die Berechnungsweisen für die Berücksichtigung der Kontinuität der Bogenstellungen noch nicht genügend ausgebildet waren. Zwar wird, auch nachdem dies nun in befriedigender Weise geschehen, der Einfachheit wegen noch oft nach der alten Weise gerechnet werden, aber es ist für jeden Fachmann in die Augen springend, wie erwünscht es sein muss, wenigstens an typischen Beispielen feststellen zu können, welche Abweichungen sich zwischen der genauern und der angenäherten Rechnungsweise ergeben und welchen Grad der Annäherung die alten, auf die blossen Gesetze des Kräftegleichgewichts gegründeten Regeln gewähren.

Die genaue Theorie der kontinuierlichen Bogenstellungen stützt sich natürlich — wie diejenige des einfachen Bogens — auf die elastischen Formänderungen derselben wie der stützenden Träger und gilt mit aller Strenge in erster Linie für vollkommen elastische Bauwerke (z. B. solche in Eisen), angenähert für solche, die aus weniger elastischem Material, wie Beton und Stein, erstellt sind.

Eine in der „Zeitschrift für Bauwesen" Jahrgang LI veröffentlichte Arbeit Fr. Engessers behandelt den Gegenstand in sehr einlässlicher Weise.[1])

Engessers Studien stehen, wie es der Neigung dieses hervorragenden Gelehrten entspricht, ganz auf analytischem Boden und umfassen Bogen mit drei Gelenken, mit zwei Gelenken und solche ohne Gelenke. Es kann hier natürlich auf den Rechnungsgang nicht näher eingetreten und können auch die Schlussformeln nicht vorgeführt werden. Wir bemerken nur, dass sich seine Methode, wie alle rein analytischen, hauptsächlich dazu eignet, unter vereinfachten Annahmen bezüglich Querschnitte und Trägheitsmomente in übersichtlicher Weise regelmässige, symmetrisch angelegte Bauwerke zu beurteilen, also die Beanspruchungen in typischen Fällen zu ermitteln oder Annäherungswerte zu erhalten für Formen, die sich den wirklichen Ausführungen nähern. Die vom Verfasser weiter ausgeführten Entwickelungen und zahlreichen Zahlenbeispiele beziehen sich denn auch alle auf regelmässige Bauwerke, die wichtigsten für Bogen mit zwei und für solche ohne Gelenke auf symmetrische Bauwerke, bestehend aus drei gleichen Bogen auf zwei gleichen elastischen Zwischenpfeilern und starren oder elastischen Endwiderlagern. Durch Abändern der Elemente wird in den Zahlenbeispielen der Einfluss jedes einzelnen derselben in belehrender Weise anschaulich gemacht.

Besondere Beachtung verdienen die Ausführungen über die Zulässigkeit der Anwendung der abgeleiteten Formeln auf Mauerwerksgewölbe. Diese gründet sich auf die Gültigkeit der linearen Beziehung zwischen Spannung und Dehnung, welche für Mauerwerk aus Stein und Mörtel oder Beton nicht mehr genau zutrifft. Der Verfasser kommt zu dem Ergebnis, dass sowohl die Berechnung der äussern Grössen, Schübe und Momente, als auch diejenige der innern Spannungen, so lange es sich um solche einerlei Sinnes in einem Querschnitt handelt, auf Grundlage jener Beziehung, sehr wohl zulässig sei. „Dies letztere ist der Fall bei den Pfeilern und bei richtig angeordneten Gewölben unter normalen Verhältnissen. Kommen gleichzeitig Zug- und Druckspannungen im Querschnitt vor, so sind die Abweichungen grösser, und zwar fallen die wirklichen Grösstwerte geringer aus, als sich bei linearer Spannungsverteilung ergeben würde."

Wichtig ist ferner der Umstand, dass die Dehnungen des Mauerwerks nicht vollkommen elastische sind, sondern dass, nach dem Aufhören der Spannungen, Dehnungen zurückbleiben, die nach jeder Neubelastung sich mehr einer endgültigen Grenze nähern, während gleichzeitig der Elastizitäts-Modul für die gesamte Dehnung, (elastische und bleibende zusammen), sich auf einen Grenzwert E_n vermindert. Angenähert kann diesem Verhalten des Materials dadurch Rechnung getragen werden, dass endgültig Formänderung und Spannungszustand so berechnet werden, als ob es sich nur um einmalige Belastung handelte, aber unter Zugrundelegung der Elastizitätsziffer E_n.

Die Erörterungen des Verfassers über die Abänderungen des Kräfteplanes durch das Auftreten von Rissen im Mauerwerk möge der Leser in der Abhandlung selbst verfolgen.

* * *

Auf rein zeichnerischem Boden steht die Behandlungsweise der gleichen Aufgabe in einer zweiten Abhandlung, verfasst von einem jungen italienischen Gelehrten, der sich auf dem Gebiet der Statik bereits rühmlich hervorgetan und einige Zeit bei Prof. Dr. W. Ritter gearbeitet hat.[1]) Dieser unterzog sich der Aufgabe, die von letzterm gefundenen Lösungen des Problems vom kontinuierlichen Bogen auf nachgebenden Pfeilern zu veröffentlichen und erwarb sich dadurch den Dank aller, welche sich für dasselbe und für die Fortschritte der graphischen Statik im allgemeinen interessieren. Dieses Problem wird eines der wichtigsten Kapitel in dem in Vorbereitung befindlichen IV. Teil der Anwendungen der graphischen Statik Ritters bilden. Herr Dr. Panetti hat dasselbe durch eine rein geometrische Lösung des Hauptteiles der Aufgabe bereichert, welche darin besteht, für einen beliebigen Zwischenschnitt eines an beiden Enden eingespannten Stabes aus den Elastizitätsellipsen der beiden Teile diejenige dieses Schnittes zu ermitteln, welche dessen Verschiebung und seine Verdrehung für die Wirkung einer den ganzen Stab beeinflussenden Kraft bestimmt. Denkt man sich diesen Stab aus dem ersten Bogen links und dem ersten folgenden Zwischenpfeiler bestehend und legt den untersuchten Querschnitt in den Kämpfer, so bildet die so für ihn gefundene Zwischenellipse zugleich auch die erste Elementarellipse für den nachfolgenden Stab, d. h. den zweiten Bogen und den zweiten Zwischenpfeiler, denn der

[1]) Ueber Bogenbrücken mit elastischen Pfeilern (Bogenreihen) von Fr. Engesser, Zeitschrift für Bauwesen, Jahrg. LI, Seite 311 u. ff.

[1]) Contributo alla Trattazione Grafica Dell' Arco Continuo su Appoggi Elastici. Memoria dell' Ing. Dott. Modesto Panetti. Accademia Reale Delle Scienze di Torino (Anno 1901—1902). Verlag von Carlo Clausen, Turin.