

Uebertrag	36,11 Mk.	1775,47 Mk.
h. vom Mitglied Nr. 275, für 1 Heft	1,00	
III. pro 1877	1,00	
i. vom Mitglied Nr. 892, für 1 Heft	1,00	
VI. pro 1876	1,00	
k. vom Mitglied Nr. 675, für 1		
Doppelheft IX. und X. pro 1872		
Sa. III		39,11 Mk.
Summe der Einnahmen		10265,58 Mk.

Die Ausgaben betragen:

I. Für die Zeitschrift	8642,17 Mk.
II. Für Kanzleispesen	408,88
III. Für die Generalversammlung	409,52
IV. Für Honorirung und Reisekostenentschädigung	
der Vorstandschaftsmitglieder	1460,81
V. Für die Bibliothek	26,75
VI. Für Vertretung beim internationalen Congress	
in Paris (künftig wegfallend)	443,20
VII. Für Deckung des Defizits vom Vorjahre, nach	
Rechnungsabschluss pro 1878	43,78
Summe der Ausgaben	11435,11 Mk.

Bilanz.

Einnahmen	10265,58 Mk.
Abgaben	11435,11
mithin eine Mehrausgabe von	1169,53 Mk.
welche aus der Einnahme von 1880 gedeckt wird.	

Reservefonds.

Cassenbestand am 1. Januar 1879	1040,03 Mk.
25. April, Ankauf von 4% Reichsanleihe,	
Lit. C. Nr. 4795 zu 1000 Mk.	992,75 Mk.
30. Juni, ¼% Provision	2,48
30. Juni, 4% Zinsen vom 1. Januar 1879	13,63
	995,23 Mk.
mithin Cassenbestand an baar am 1. Juli 1879	1053,06 Mk.

hieszu fälliger Zinscoupon der 1000 Mk. Reichsanleihe	
am 1. October 1879	58,43 Mk.
und 4% Zinsen bis 31. Dezember 1879	20,00
mithin Cassenbestand baar am 1. Januar 1880	1,35
Demnach besteht der Reservefond am 1. Januar 1880 aus:	
a. an 1000 Mk. 4% Reichsanleihe, Werthpapiere	79,78 Mk.
b. an Cassenbestand in baar	1000,00 Mk.
	79,78
Reservefonds in Summa	1079,78 Mk.

Coburg, am 5. Januar 1880.

G. Kerschbaum, Steuerrath,
 z. Z. Cassirer des Deutschen Geometer-Vereins.

Kösterube Druck von Malsch & Vogel.



ZEITSCHRIFT FÜR VERMESSUNGSWESEN,

Organ des Deutschen Geometervereins

Unter Mitwirkung von Dr. F. R. Helmert, Professor in Aachen, und
 F. Lindemann, Regierungsgeometer in Lützen, herausgegeben
 von Dr. W. Jordan, Professor in Karlsruhe

1880.

Heft 3.

Band IX.

Die letzten Richtungsverifikationen und der Durchschlag am grossen St. Gotthardtunnel.

Von O. Gelpke, Ingenieur.

Einleitung.

Vom hohen Schweizerischen Bundesrath mit dem Auftrage beehrt, den letzten Richtungsverifikationen und dem Durchschlage am Gotthardtunnel controlirend beizuwohnen und über die Ergebnisse und meine Beobachtungen dem Tit. Eidgenössischen Eisenbahndepartement zu referiren, bin ich in der Lage, in der vorliegenden Mittheilung nicht nur eine einfache Beschreibung zu geben, sondern auch eine Reihe kritischer Bemerkungen und Andeutungen bei denselben mit einfließen zu lassen.

Zum bessern Verständniss der Verificationsarbeiten muss ich hier zunächst eine kurze geschichtliche Entwicklung vorausschicken:

Geschichte der Tunnelaxe und ihrer Bestimmung.

Durch die Anno 1869 vom Unterzeichneten im Auftrage des Gotthardauschusses ausgeführte Triangulation war auf der Nord- und Südseite des St. Gotthard in der muthmasslichen Tunnelrichtung je 1 Steinfeiler in seiner Lage zu allen übrigen Dreieckspunkten und dem auf der andern Seite des Gotthardmassivs liegenden Pfeiler bestimmt worden. Zwischen diesen Pfeilern war also einerseits sowohl die *Distans* wie der *Richtungswinkel* (d. h. der Winkel, den die Tunnelrichtung mit den Signalpunkten auf den nächst sichtbaren Gipfeln bildet) bekannt, andererseits auch die Differenz in der Höhenlage durch ein doppelt ausgeführtes Präcisionsnivellement (roh durch zwei trigonometrische Nivellements controlirt) festgestellt.*)

*) Auszüge aus meinen damaligen Berichten, umfassend die Triangulation, verschiedene Controlen, die theilweise oberirdische Absteckung der gefundenen Richtung und die Basismessung zwischen Andernatt und Hospenthal sind in den Jahren 1871 und 1872 im „Civilingenieur“ erschienen.

Nach Constitution der Gotthardbahngesellschaft, Frühjahr 1872, und Eintritt des Herrn Gerwig als Oberingenieur erfüllt die angelegte Tunnelrichtung eine kleine Verschiebung. Das bisher angenommene Tunnelportal in Göschenen wurde dabei als Fixpunkt beibehalten und die Tunnelrichtung um diesen Punkt einfach gedreht. Die seitliche Verschiebung betrug demnach für den Pfeiler bereits 144 Meter nach Westen. Die hieraus resultierenden Veränderungen in Länge und Richtung wurden vom Unterzeichneten sofort *provisorisch* berechnet in der Meinung jedoch, später gelegentlich die Beobachtungen in den veränderten Schlussdreiecken neu aufzunehmen, später, wenn einmal die definitiven Pfeiler (Observatorien) erstellt worden seien. Immerhin war die provisorische Bestimmung hinlänglich genau, um daraufhin die ersten 1000 Meter Tunnel ruhig betreiben zu können.

Die definitiven Pfeiler wurden daraufhin von den Tunnelsectionen erstellt und zwar beidseitig in der verlängerten Falllinie (ca. 6 und 1 pro mille) des *Ferstollens*, da bekanntlich die Bauunternehmung Favre das belgische System zu ihrem Tunnelbetrieb gewählt hatte. Der Pfeiler in Airolo kam so in den Schutt eines Bachbettes, jenseits des Tessin, ca. 400^m vom Tunnelportal entfernt, zu liegen und verlangte in Folge davon grössere Fundamentirungen, derenjenige in Göschenen wurde ohne *directe* zwingende Nothwendigkeit sehr weit rückwärts jenseits der Göschener Reuss (ca. 600^m vom Tunnelportal entfernt) genommen, wahrscheinlich aus Sicherheitsgründen und um *nach vorwärts* eine längere Orientierungslinie zu gewinnen. Hiedurch wurden aber, da zwischen diesem Punkt und dem Tunnelzugang ein massiver Felsvorsprung und die Strassenlehne die Sicht verhinderten, die von mir vergeblich bekämpften kostspieligen und auf die Absteckung auch sehr nachtheilig wirkenden Visirstollen durch diese Hindernisse hindurch benöthigt. Ueber diesen Pfeilern sollten Observatorien mit drehbaren Kuppeln erbaut werden, doch wurde in Folge meiner abweisenden Begutachtung diese letztere theure Zuthat fallen gelassen, da einige Fenster in der Richtung der sichtbaren Signale und des Tunnelgangs vollständig, selbst besser genügt.

Von dem Gefühl seiner Verantwortlichkeit erfüllt, wünschte nun der Herr Oberingenieur noch eine zweite unabhängige Triangulation ausführen zu lassen. Auf eine bezügliche Anfrage suchte ich dies Vorhaben meinerseits möglichst zu fördern, indem ich den designirten Techniker, Herrn C. Kopppe, selbst in die Praxis einführte, speciell für diese Arbeit ein grösseres und besseres Instrument anfertigen liess, als es mir selbst zu Gebote gestanden und schliesslich, indem ich die schon vor Jahr und Tag nach eigener Bestellung bezogenen zusammenschraubbaren Eisenstangen zur Ermöglichung einer exacten Signalstellung bereitwilligst für diesen Zweck abtrat, anstatt mit denselben, wie ich beabsichtigt hatte, meine schon Anno 1871 in ihrem Schlusspunkt auf Kastelhorngrat *geglückte* oberirdische

Absteckung auf dem Terrain zu Jedermanns Ansicht bleibend zu fixiren. *)

Bei bedeutendem Mehraufwand an Zeit und Kosten wurde nun diese neue Triangulation nach der Methode der kleinsten Quadrate durchgeführt. **)

Erst Anno 1875 wurde diese Neubestimmung der Tunnelrichtung zu Ende geführt. An Controlen, so weit sie nicht schon im Netz selbst und dessen Berechnung lagen, wurde von Herrn Koppe ebenfalls eine oberirdische Absteckung vorgenommen, die in ihrem nicht persönlich begangenen Schlusspunkte *schätzungsweise* 10 bis 15^m Divergenz ergeben haben soll. Ferner wurde mit Hilfe eines 15zölligen Ertel'schen Universalinstruments und des Marinechronometers der Sternwarte Genf eine astronomische Verification versucht, deren Resultat laut Bericht des Herrn Koppe ein durchaus befriedigendes gewesen ist.

Behufs eines directen Vergleichs *beider* Triangulationen wurden dieselben nun noch zusammengeschlossen, wofür ich die benöthigten *Winkelbeobachtungen* wenigstens auf der Nordseite *selbst* ausführte, während ich diejenigen der Südseite und die Berechnung dem seither zum Tunnelsections-Geometer ernannten Herrn Koppe überliess. Diese Vergleichung ergab abgerundet für Göschenen 1 Secunde, für Airolo 3 Secunden Unterschied.

Diese Uebereinstimmung beider unter so verschiedenen Verhältnissen und in so verschiedener Zeitdauer, einerseits mit so wenig, andererseits mit allen Hülfsmitteln ausgeführten Triangulationen ist wirklich überraschend und wohl etwas zufällig, denn bei den jetzigen subtilsten Gradmessungsbeobachtungen bei Anwendung viel vollkommener Instrumente und des Heliotropenlichts erhalten wir selbst bei 100fachen Repetitionen oder Einstellungen einer Richtung doch nur Annäherungen an den absoluten Winkelwerth in den Grenzen von 0 bis 4 Secunden plus oder minus, wie Differenzen in den schweizer und deutschen Messungen auf Feldberg und Läger, sowie Mittheilungen des dänischen Geodäten Andrae zur Genüge erhärten. Bis in die Mitte des Tunnels entspricht einer Secunde Differenz, die rückwärtige Entfernung der Observatorien *mitgerechnet*, eine seitliche Verschiebung von 0,0383^m. Einen beidseitigen *extremen* Fehler von 5 Secunden in sich *verdoppelndem* Sinn vorausgesetzt, würde demnach die Abweichung in der Mitte des Tunnels erst 0,383^m betragen, was bei dem um 1000^m vorausseilenden Richtungsstollen mit kleinen Dimensionen gewiss nichts so Schreckendes hätte. Wenn

*) Da über diese auf 19 Centimeter zusammenfallende oberirdische Richtungsverifikation meinerseits nur an die technische Bauleitung schriftlich referirt wurde, so ist dieselbe in spätern Publicationen der Herren Koppe und Pestalozzi einfach übersehen oder ignorirt worden.

**) Eine Mittheilung über diese zweite Triangulirung ist von Herrn Koppe selbst in der Zeitschr. f. Verm. 1875, S. 369 und f., gegeben.

man aber sich klar macht, dass in der Art und Weise der Verwerthung des Rechnungsergebnisses, also in der wirklichen Richtungsangabe und Richtungsverlängerung, weit grössere Fehlerquellen liegen, als die Unsicherheit von wenigen Secunden im Richtungswinkel, so wird man eine weiter getriebene Genauigkeit als 5 Secunden als wissenschaftlich interessant, aber practisch illusorisch und deshalb pecuniär nicht gerechtfertigt bezeichnen müssen.

Marken.

Um für die Absteckung die erhaltene Genauigkeit möglichst zu verwerthen, ferner um erstere während der Nacht ohne grössere Schwierigkeiten durchführen zu können,^{*)} wurde durch Einstellen des Instruments auf das günstigste gelegene sichtbare Signal und nachheriges Drehen der gelösten Alhidade um den gefundenen Richtungswinkel das Fernrohr in die Verticalebene des Tunnels gebracht und nun oberhalb des Tunnelleingangs an einer Wand des natürlichen Felsens eine Marke unter den Verticalfaden gebracht. Zwischen dieser Marke und dem einen und andern sichtbaren Signal wurden nun die Winkel in beiden Lagen des Fernrohrs mehrfach gemessen. Man erhielt dadurch Mittelwerthe, die von den aus der Triangulation abgeleiteten um so und so viel Secunden differirten. Bei der bekannten Distanz der Marke vom Observatorium war diese Differenz leicht in Centimeter umgesetzt und die Marke darnach verschoben. Bei mehrfacher Wiederholung dieser Operation war man sicher, dass die Marke wirklich genau in der gefundenen Verticalebene des Tunnels liege. Diese Markenfixirung wurde von C. Koppe besorgt und, wenn ich nicht irre, nur unter Zugrundelegung des Resultates seiner eigenen Triangulation, nicht *nach* dem Mittel aus beiden Arbeiten. Auf die bisherigen dreijährigen Absteckungen hatte dies durchaus keinen sichtbaren und messbaren Einfluss.

Die Marken bestanden aus eisernen Platten, die an der senkrecht auf die Tunnelrichtung sorgfältig behauenen Felswand eingelassen und befestigt sind. Da, wo bei den eben genannten Einstellungen der kleine weisse Papierkreis nach mehrfacher Verschiebung zuletzt auf dieser Platte gestanden, war an seiner Stelle ein kreisrundes Loch eingebohrt und dieses mit einem *weissen* concentrischen Kreise umgeben worden. Am Tage diente dieser weisse Kreis zur Einstellung, in der Nacht ein hinter die kreisrunde Oeffnung der Platte in den ausgehöhlten Felsen geschobenes Lampenlicht. In derselben Verticalebene oberhalb und unterhalb dieser Marke wurden zudem zwei Control-

^{*)} Es ist leicht einzusehen, dass die jedesmalige directe Ableitung der Tunnelrichtung von einem der sichtbaren Signale immer nur den Werth einer Einzelbeobachtung gehabt hätte und nicht nur mit den zufälligen, sondern auch den constanten Fehlern behaftet gewesen wäre, dass ferner die Beleuchtung der hoch gelegenen Signale Nachts immer schwierig, im Winter sogar unmöglich werden musste.

marken angebracht und auch rückwärts von den Observatorien die Tunnelebene durch drei Marken zum Ueberfluss bezeichnet. Die oberste Marke vor- und rückwärts ist in ihrer Form identisch mit der Hauptmarke. Die untern dagegen bestehen in einem in den Felsen eingelassenen Messingcylinder, der zur Sicherheit gegen Beschädigung mit Rasen überdeckt wurde. Selbstverständlich wurden diese Hilfsmarken nicht direct, sondern nur von der Hauptmarke aus durch Kippen und Durchschlagen des Fernrohrs bestimmt.

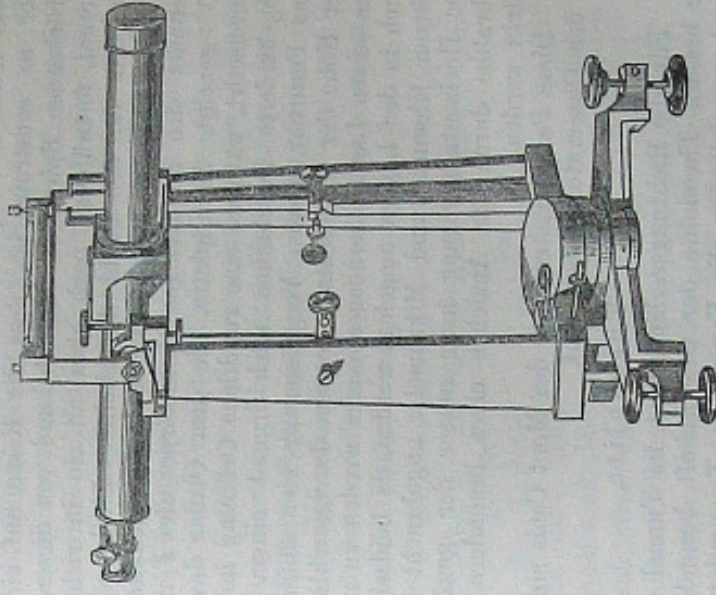
Nachdem die Tunnelrichtung einmal so gründlich fixirt war, bedurfte es für die Richtungsangabe keiner eigentlichen Winkelinstrumente mehr, das Hauptgewicht lag nun in Anwendung guter Fernrohre mit stabiler exacter Verticalführung.

Passageinstrumente des Mont Cenis.

Die von mir, als damaligem Chef der topographischen Abtheilung, im Auftrage der Centralbauleitung vom Mont Cenis her billig erworbenen Passageinstrumente genügten, was die Güte der Fernrohre (Brunner'sches Fabricat) betraf, vollkommen, doch waren alle mechanischen Theile und Führungen von grosser Rohheit und in schlechtestem Zustande. Es ist das Verdienst unseres bekannten Mechanikers, H.

Kern in Aarau, aus diesem Rohmaterial in jeder Beziehung muntergültige Instrumente geschaffen zu haben, die heute noch ihren Erstellungs- und Reparaturwerth repräsentiren.

Ich lasse hier eine Skizze dieser Instrumente folgen und resumire kurz die vor dem Gebrauch derselben nöthig gewordenen Reparaturen.



1. Abdrehung des gusseisernen Zapfens und der Zapfenhülse, so das die Horizontaldrehung wirklich eine centrische und horizontale wurde.

- 2. Anbringen eines Horizontal- und kleinen Höhenkreises, auf denen schon am Tage vor der Absteckung nach Einstellen des Fernrohrs auf die Hauptmarke der Horizontal- und Elevationswinkel abgelesen und notirt wird, um während der Nacht die ebenso schwer wie ein Stern zu entdeckende Marke schneller auffinden zu können.
- 3. Anbringen einer kleinen Linealibelle auf dem gusseisernen Dreifuss behufs rascherer Horizontalstellung des Instrumentes.
- 4. Abbragfassung für die feine Horizontalstellung der Fernrohraxe.
- 5. Anbringen neuer messingener Zapfenlager für diese Fernrohraxe, wovon eines corrigirbar.
- 6. Verbesserung oder Auswechslung aller Brems- und Mikrometervorrichtungen.
- 7. Einziehen neuer Fäden und zwar eines Horizontal- und Doppelveicalfädens, sowie mehrerer Parallelfäden für Beobachtung von Sterndurchgängen.
- 8. Verbesserung der Ocularführung (Oculartriebels).

Zur Beleuchtung der Fäden ist die Horizontalaxe hohl. An dem massiven Träger wird ein leichter Kerzenhalter angehängt, der so construiert ist, dass die Kerze auf einer zusammen zu drückenden Spiralfeder aufruhet und von dieser, je weiter sie abbrennt, fortwährend nach oben an ein in richtiger Höhe angebrachtes für den Docht durchbohrtes Blech gedrückt wird, wodurch die Flamme stets vor der hohlen Ase gehalten wird. Natürlich befindet sich im 4eckigen Mittelkörper des Fernrohrs eine unter 45° geneigte Metallplatte, die dem Ocular das einfallende Licht zureflectirt, während eine rundliche Oeffnung in dieser Platte das ungehinderte Durchsehen nach irgend einem Objecte gestattet. Das Fernrohr, dessen Vergrösserung eine 36fache ist, kann bei der Höhe der Gabelstützen bequem durchgeschlagen werden, ohne aus seinen Lagern herausgenommen werden zu müssen, kann aber auch in den Lagern umgelegt werden, da beidseitig an den Gabelstützen Klemmen und Mikrometer angebracht sind. Die Arretur der Horizontalbewegung kann ausser der gewöhnlichen Klemmschraube durch das Anziehen eines besonders Hebels noch verstärkt werden.

Diese Passageinstrumente des Mont Cenis sind zur Aufstellung in den Observatorien bestimmt.

Theodolite.

Für die Richtungsverlängerung im Tunnel dienten anfänglich die bessern Theodolite der Gesellschaft, besonders der schon genannte speciel für die Koppe'sche Triangulation nach einigen eigenen Angaben von Kern construirte und wohl gerathene Szöllige Theodolit. Es weichen diese Instrumente von der gewöhnlichen Kern'schen Construction in nichts Wesentlichem ab. Die Beleuch-

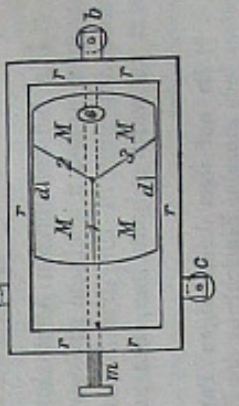
tung der Fäden erfolgte hier durch eine auf das Objectiv aufgesetzte, unter 45° geneigte in der Mitte durchbohrte versilberte Platte, vor die von Hand ein Licht so gehalten werden musste, dass dem Ocular seine Strahlen reflektirt wurden, was am besten vom Beobachter selbst beurtheilt und besorgt werden kann.

Kleines Passageinstrument.

Nachdem diese Instrumente durch Fallen und Stösse schwer gelitten, wurde nach meinem Austritt aus dem Verband der Gotthardtahn ein kleineres Passageinstrument bei der Firma Hottinger & Koppe,*) Goldschmids Nachfolger, in Zürich bestellt und von dieser wiederum in den Haupttheilen aus dem bekannten Reichensbach'schen Institute bezogen. Es ist dieses Instrument eigentlich ein grösserer Theodolit üblicher Construction, nur ohne Theilkreise, also: ein mit drei Nivellirschrauben einzustellender Dreifuss, in dessen Büchse sich die Verticalaxe der massiven Gabelstütze dreht. Zur Roh-Horizontabsteckung trägt letztere in ihrem untern Theil eine Dosenlibelle. In die Messinglager der Gabelstütze kommt die stählerne Horizontalaxe des Fernrohrs zu liegen. Diese Axe ist einseitig hohl zur Beleuchtung des Fadenkreuzes, wie beim grossen Instrumente. Ein kleines, an die betreffende Gabelstütze angehängendes Ligroinlämpchen vermittelt diese Belenchtung. Zur Ausgleichung dieser einseitigen Gewichtsvermehrung muss an der andern Gabelstütze ein entsprechendes Gegengewicht angehängt werden. Das astronomische durchschlagbare Fernrohr gibt 27fache Vergrösserung. Das Oculargetriebe besteht auch hier, wie bei allen grösseren Instrumenten, in einer Leitstange, die in ihrer Führung durch 2 Klemmschraubchen zur Senkrechtstellung der Fäden etwas gedreht und festgeklemmt werden kann. Die Arretur für Horizontal- und Verticalbewegung geschieht durch Klemmen und Mikrometer, von denen der Horizontalmikrometer in Abweichung von den gewöhnlichen Federmikrometern ein Kugelmikrometer ist. Die empfindliche Hauptlibelle in Holzfassung wird auf der Horizontalaxe durch die geschlitzten Zapfendeckel und einen besonderen Bügel mit Leitstift festgehalten.

Universalstativ.

Für die Aufstellung der als Signalkunkte dienenden Lampen und des kleinen Passageinstru-



ments im Innern des Tunnels wurden in letzter Zeit sehr einfache sich ausgezeichnet bewährende Universalstative angewandt, deren Beschreibung ebenfalls als eines integrierenden Bestandtheiles der bei den letzten

*) Letzterer war nämlich aus Gesundheitsgründen aus der Gesellschaft ausgetreten und hatte sich dann mit Herrn Ingenieur Hottinger associirt.

förmige Dreifuss trägt noch einen kleinern Ring zur direkten Aufnahme des runden Lampenfusses. Da dieser zweite Ring mit 3 Pressschrauben, die durch länglich geschlitzte Schraubenlöcher in den untern Ring eingreifen, auf letzterm befestigt ist, so ist es möglich, behufs Centrirung der aufstehenden Lampe eine kleine Verschiebung desselben vorzunehmen. Wären die Lampen nicht Fabrikfabrikat und durch Auf- und Abdrehen der zu leichten Randbrenner Veränderungen unterworfen, sondern von einem Mechaniker solid gearbeitet, abgedreht und centrirt, so dürfte dieser zweite Ring gänzlich wegfallen, wodurch die ohnehin einfache Vorrichtung noch einfacher würde.

Lampen und Reflektoren.

Die Lampen selbst bestehen aus einem runden conisch zulauenden Untersatz zur Aufnahme des Petroleums und einem aufgeschraubten Brillantrundbrenner der Firma Baer in Berlin von 2,6^m lichte Durchmesser. Das Petroleum kann ohne Auslösen der Lampe und Abschrauben des Brenners in den Untersatz eingegossen werden durch einfaches Drehen des obern Theils des Doppeldeckels, wodurch eine Eingussöffnung im untern frei wird, die nach erfolgtem Einguss durch Zurückdrehen des obern Deckels begreiflich wieder geschlossen werden muss.

Für diese Lampen existiren noch Reflectoren, messingene Hohlcylinder mit breitem Schlitz, die aber in den wenigsten Fällen aufgesetzt werden.

Wir kommen nun zu den Absteckungsarbeiten selbst.

Nivellement.

Nach Einstellung der Arbeit im Tunnel, die gewöhnlich Abends erfolgt, wird unausgesetzt besonders vor Ort ventilirt, wodurch es ermöglicht wird, am folgenden Tage schon das Nivellement, das nur kurze Visuren verlangt, zu beginnen und vor Eröffnung der Tunnelaxerlängerung zu absolviren. Je nach der Länge der zu nivellirenden Strecke wird dieselbe am besten unter mehrere Herren vertheilt und zwar im Maximum 1000^m per Ingenieur. Jeder derselben hat seine Strecke zu begeben und sich mit seinen Collegen über die gemeinsamen Anfangs- und Schlusspunkte zu verständigen und solche durch Marken mit Anschreiben der Profnummer deutlich kenntlich zu machen und dann vor- und rückwärts zwischen denselben das ihm zugewiesene Stück zu nivelliren. Die besonders einzunivellirenden Klammern, Nischen etc. sind durch eine vorherige Instruction genau bezeichnet, sonst erfolgt die Aufstellung der Latte meist auf den Schienen der Rollbahn. Für jeden Ingenieur sind 3 bis 4 Mann als Gehülfen vorzusehen (einer beim Instrument zur Beleuchtung der Fäden, Halten des Notizbuchs etc., einer zum Halten der Nivellirlatte, ein dritter zur Beleuchtung der Nivellirlatte und ein vierter als Aushülfe bei etwaigen Erkrankungen, Botendienste etc.). Nach beendeter Arbeit werden auf dem Bureau

Absteckungen zur Verwendung gekommenen Instrumente ich hier gebe.

Ein eiserner Rahmen, der mit 3 Nivellirschrauben *a, b, c* (siehe Skizze) auf jeder beliebigen Unterlage, also Steinpfählen, Holzstativen und Holzgerüsten horizontal gestellt werden kann, dient zur Führung einer Messingplatte *M*, auf welche die Lampe sowohl, wie das Instrument zu stehen kommt. Diese Messingplatte hat drei von ihrem fein durchbohrten Centrum unter 120° radial ausgehende Rinnen 1, 2 und 3, in welche die drei Nivellirschrauben des Instruments oder Lampentellers zu stehen kommen, wodurch solche gleich von vorne herein — richtige Construction vorausgesetzt — auf das Centrum der Platte centrirt sind. Diese Messingplatte ist in der Längsrichtung des eisernen Rahmens verschiebbar, sowohl in grober Bewegung von Hand mittelst des Griffes *e*, als auch in feiner durch eine unter dem Rahmen hingehende Mikrometerschraube ohne Ende *m*. Zur Notirung der verschiedenen Stellungen der Platte auf dem Rand des unverrückt bleibenden Rahmens, der beim Gebrauch mit gummirten Papierstreifen überzogen wird, dienen die zwei Index *d* auf der Platte, deren Verbindungslinie natürlich durchs Centrum der Platte geht und senkrecht auf dem Leitrahmen steht.

Ist beim Gebrauch die Platte horizontal und so orientirt aufgestellt worden, dass der dem Rahmen parallel laufende Radialstreifen 1 *unter* der in der *Ferste* oder *über* der in der *Sohle* oder auf dem *Pfeiler* angebrachten Eisenklammer liegt, so bewegen sich natürlich alle Verschiebungen dieser Platte bei den gleich zu behandelnden Einstellungen *unter* oder *über* der *Klammer* hin und kann die Platte nach beendigter Operation auf den gefundenen Mittelwerth aus den verschiedenen Einrichtungen sofort eingestellt*) und dieser Werth an die Firstklammer durch Einsenken des Plattencentrums direct übertragen werden. Für die Uebertragung an die Pfeiler oder Sohlenklammer befindet sich an der Messingplatte unterhalb der durchgehenden einem directen Senkeln hinderlichen Mikrometerschraube eine mit drei Schrauben befestigte Lamelle, die zur Aufnahme des Lothfadens genau unter dem Centrum der Hauptplatte durchbohrt ist.

Lampenuntersätze.

Die bei den letzten Absteckungen zur Anwendung gekommenen Lampen stehen auf einem grössern Ring, dessen 3 Nivellirschrauben wiederum nur in die drei Radialstreifen der Messingplatte eingesetzt zu werden brauchen, um sofort centrirt zu sein. Dieser ring-

*) Da auf dem beidseitigen Papierstreifen des Rahmens mittelst der Indices jede einzelne Einrichtung der Platte (resp. der Lampe darauf) bezeichnet worden, so kann aus diesen Zeichen das Mittel (der Schwerpunkt) genommen, auf den Papierstreifen aufgetragen und nun die Indices der Platte, also ihr Centrum, leicht auf diesen Mittelwerth eingestellt werden.

die Resultate zusammengestellt und bei einer Differenz in den zwei Operaten die fehlerhafte Strecke sofort nochmals nivellirt.

Bei allmähigem Vorrücken des Tunnels ist es nicht nöthig, die Operation immer von vorne zu beginnen, sondern man wird in den Nischen der Widerlager des fertigen Tunnels feste Fixpunkte schon einnivellirt haben und dann *bei Anlass der Absteckung* nur von diesen ausgehen. Diese Fixpunkte in den bereits gemauerten Strecken können also während der Dauer der Arbeiten erstellt und auch *jederzeit* auf ihre richtige und unveränderte Lage geprüft werden.

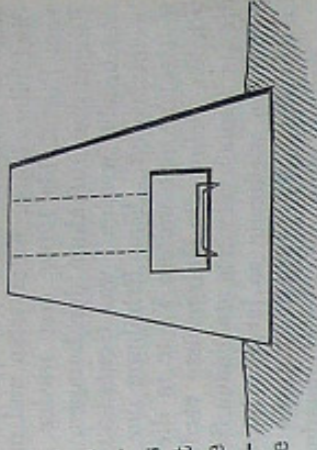
Vorbereitung der Richtungsangabe.

Damit eine Richtungsabsteckung auf grössere Länge mit Ruhe und Sicherheit durchgeführt werden könne, ist es nöthig, alle Dispositionen *rechtzeitig* zu treffen und für alle die möglichen hindernden Eventualitäten vorbereitet zu sein. Bei kürzerer Länge des Tunnels, wo die Absteckung in 12—24 Stunden beendigt sein kann, genügt ein einfaches Personal, sonst aber muss unbedingt auf eine Ablösung des technischen Personals so gut wie der Arbeiter alle 12 Stunden Bedacht genommen werden.

Das Personal vertheilt sich wie folgt: 2 Techniker beim Instrument mit 4 Mann Bedienung und 1 Telegraphist, 2 Techniker beim Lampensignal vorwärts mit 5 Mann Bedienung unter einem Aufseher und 1 Telegraphist, 1 tüchtiger Gehülfe bei der Lampe rückwärts, ferner 1 Aufseher im Tunnelgebäude, wo eine Reserve aller Inventargegenstände in Depot gehalten werden soll, alle diese in regelmässigem 12stündigem Schichtenwechsel und schliesslich 1 gewandter Berggänger für die Beleuchtung der oberirdischen Tunnelmarke während der zwei ersten Nächte. Jede dieser Parthien hat ihr benötigtes Inventar laut *aufgestelltem Verzeichniss* selbst zu sammeln und in beste Ordnung zu setzen, worunter also auch die Untersuchung und Justirung der Instrumente, die Centrirung der Lampen und Senkelspitzen, Gummiren der Papierstreifen, Einziehen der Dochte etc. zu rechnen ist und solches auf flachen Rollwägen sorgfältig zu verpacken.

Ferner ist der Tunnel zu begehen und alle die Punkte definitiv zu bezeichnen, die man bestimmt haben will und auf denen bei der Verlängerung der Axe die Instrumentaufstellung unter allen Umständen erfolgen soll. An diesen Orten sind beim Sohlenstollenbetrieb immer, beim Firststollenbetrieb nur im Sohlenschlitz feste Steinpfeiler in Nassmauerung aufzuführen und *direct auf diesen* in der muthmasslichen Axe, und quer auf dieselbe eiserne Klammern von mindestens 40^{cm} Länge solid einzukitteten, besser aber noch aus Sicherheitsgründen in deren Basis, zu der durch den Pfeiler hindurch ein breiter Schlitz führen muss, während zwei

grössere seitliche Oeffnungen ein leichtes Beikommen zu dem Basisstein mit der Eisenklammer gestatten. Im Firststollen, wo doch die Pfeiler dem spätern Sohlenschlitz weichen müssen, genügen an den designirten Stellen provisorische Pfeiler aus Moëllons in Trockenmauerung und gut unterbisst. Genau über der Mitte derselben sind dann die Eisenklammern in der Tunnelfirste anzubringen.



Ausserdem sind noch an einigen passenden Zwischenstellen Gewölbesteine (Moëllons) in Bereitschaft zu halten, um sofort, wenn die schlechte Luftbeschaffenheit im Tunnel kürzere Stationen bedingt, mit Hilfe der zugegebenen Arbeiter provisorische Zwischenpfeiler errichten zu können. Nur ausnahmsweise da, wo gerade Bausteine fehlen, können für die Zwischenstationen, ebenso für die auf 100 zu 100 Meter sich folgenden Fixpunkte gegen Stollenort zu Holzstative als Unterlage für Instrument und Lampe in Anwendung kommen.

Bei der Anwendung des oben beschriebenen Universalstativs ist es nicht gerade nöthig, an allen diesen *Zwischenpunkten* in der First Klammern anzubringen. Bis zur Anwendung derselben Anno 1876 mussten aber auch an diesen Zwischenpunkten wenn möglich vor Beginn der Operation schon solche eingelassen sein. Alle Stationspunkte sind an der Stollen- oder Tunnelwange mit Oelfarbe unter Angabe der Entfernung vom Portal grell anzuzeichnen.

Sofern die Verständigung zwischen den einzelnen Arbeitsstellen auf telegraphischem Wege erfolgen soll, ist es anzuempfehlen, vom Observatorium aus, soweit möglich, in den Tunnel hinein einen festen Drath anzubringen und das aufrollbare Kabel nur für die hinterste Tunnelstrecke zu verwenden.

Alle diese Vorbereitungen sollten spätestens 24 Stunden nach Sistirung der Arbeiten und Beginn der Ventilation getroffen sein, ebenso zur Aufnahme aller benötigten Utensilien, als: Stative, Handwerkszeug, Leitern, Telegraphenapparate, Batterien, aufrollbares Kabel, Petroleum, Kerzen, Laternen, Lampen und Lampen gläser, Senkel, Schnüre, Cement, Kleider und Lebensmittel etc., eine Reihe bremsbarer Rollwägen ausserhalb des Tunnels zur Verfügung stehen. Nur das im Tunnel zur Verwendung kommende *Instrument* sollte durchaus im Interesse seiner Unveränderlichkeit *getragen* werden.

Schon bei diesen Vorarbeiten zeigte sich am Gotthard der Nachtheil der Visirstollen. Dieselben sind nämlich in der Höhe

des *Fürststollens* nur in kleineren Dimensionen angelegt und verhindern demnach die *Visur* in die Sohle des fertigen Tunnels, wo die Pfeiler stehen. Es mussten und müssen deshalb über die Pfeiler vom Portal bis 1200^m erst wieder Holzgerüste mit verschiedenen Etagen zur Aufnahme der Lampen, eventuell auch des Instruments angebracht werden, was Genauigkeit und Gang der Arbeit sehr beeinträchtigt. Eine Erhöhung der Pfeiler verbietet sich deshalb, weil solche eine weitere *Visur* in die Tunnelsohle hinein versperrten würden. Schon die Holzgerüste verdecken ab und zu die Sicht auf die im Tunnel vorwärts stehenden Signallampen, die dann in ihren Stellungen wiederum so lange erhöht oder vertieft werden müssen, bis sie durch die Gerüste hindurch sichtbar werden.

Zudem wird die anzustrebende möglichst lange *Visur* vom Observatorium in die Tunneltiefe hinein durch diese Stellen verunmöglicht, indem bekanntermaassen aller Dunst und Rauch sich noch lange auf die ersten 1000^m am Tunnelgewölbe hält, wenn sonst der ganze Tunnel gut ventiliert ist, und nun zwingen die *Visirstollen*, diese erste Hauptvisur gerade durch diese einzige Dunstschichte hindurch zu nehmen. Daher kommt es, dass die *Visur* vom Observatorium aus selbst bei der letzten Absteckung nach 48stündiger Ventilation nur bis 1300^m möglich war, während sie am Mont Cenis 3000^m erreicht hat. Herr Obergeringenieur Gerwig hoffte seiner Zeit für den Gotthard eine sogar noch grössere directe *Visur* zu erzielen und wollte meine damaligen Einwände und mathematische Beweisführung für das Gegentheil nicht gelten lassen. Auch die oben genannten Gerüste über den Pfeilern sind natürlich ebenfalls rechtzeitig auszuführen.

Vorsichtshalber sollte gleichzeitig mit diesen Vorarbeiten schon am Tage vom Observatorium aus ein Punkt am Portal gegeben werden, damit, wenn die beleuchtete Marke am Berge Nachts in Nebel gehüllt wäre, die Absteckung trotzdem vor sich gehen, resp. dieser Portalpunkt als Marke dienen könnte. Dies wurde auch auf der Nordseite des Gotthard meist so gehalten, doch erlaubte das Durchgehen der *Visirlinie* durch die kühlen *Visirstollen* und gleich dahinter hart an einer stark erwärmten Strassenstützmauer hin in Folge der dadurch erzeugten *Oscillationen* es nicht, diesen Portalpunkt während des Tags mit der gewünschten Schärfe zu bestimmen. So differirten die zwei letzten Bestimmungen des Herrn Koppe und des Herrn Sectionsvorstandes im Mittel von Stachen Seren noch um $4\frac{1}{2}$ mm.

Deshalb wurde der Portalpunkt, da man des Wetters sicher zu sein glaubte, diesmal in Göschenen ebenfalls erst in der Nacht gegeben, wo die *Oscillationen* nicht mehr störend einwirkten.

Art und Weise der jetzigen Absteckungen im Allgemeinen.

Gewöhnlich beginnt also die eigentliche Absteckung Nachts nach 24stündiger Ventilation. Alle Theilnehmer, incl. Telegraphisten,

haben sich gemäss der Instruction rechtzeitig auf ihrem bezüglichen Posten einzufinden. Sobald beim ersten, also Portalpunkt, der Telegraphenapparat mit der festen Leitung in Verbindung gesetzt, das Universalstativ auf dem Gerüst horizontal gestellt ist und zwar so, dass die Mitte der verschiebbaren Messingplatte sich über der im Pfeiler befindlichen Klammer verschiebt, was durch ihr Hin- und Herbewegen mit eingehängtem Loth constatirt wird und die angezündete Lampe aufgesetzt ist, wird dem Observatorium »fertig« telegraphirt.

Die Beobachter daselbst stellen nun das Fernrohr des grossen Passageinstrumentes — Justirung und Horizontalstellung vorausgesetzt — auf die beleuchtete Marke ein, kippen es in die Tunnelebene und commandiren nun so lange per Drath links und rechts, bis die Flamme der Petroleumlampe zwischen den zwei Verticalfüden steht. Auf das Wort »gut« wird nun diese erste Stellung der Lampe mit Hilfe der Index auf dem Leitungsrahmen der Messingplatte, auf dem zuvor gummirte Papierstreifen aufgeklebt worden, mit einem feinen Bleistrich und der Zahl 1 *beiderseitig* markirt. Dann verschieben die Ingenieure bei der Lampe die Messingplatte mit der Lampe darauf ziemlich stark. Die Beobachter im Observatorium setzen das Niveau um und geben auf die Meldung »fertig« in gleicher Weise einen zweiten Punkt, der auch in gleicher Weise im Tunnel notirt und mit der Zahl 2 bezeichnet wird, dann wird das Fernrohr durchgeschlagen und der Kreis um 180° gedreht und ebenso unter Umsetzen des Niveau ein dritter und vierter Punkt in der zweiten Lage des Fernrohrs gegeben, im Ganzen also vier Punkte, die zusammen einen sogenannten Satz bilden. Die Entfernung der zweiten, dritten und vierten Einstellung von der ersten wird jedesmal dem Observatorium telegraphirt und auch *dort* notirt. Aus diesen vier Einstellungen wird der Schwerpunkt als Mittelwerth genommen, seine Entfernung von der Einstellung 1 auf dem Papierstreifen eingemessen und durch einen feinen Punkt bezeichnet, nachdem dieser Werth zur Controle von den Beobachtern am Instrumente telegraphisch bestätigt worden. Dann erfolgt ganz in der nämlichen Weise ein zweiter Satz von 4 Einstellungen in beiden Lagen des Fernrohrs und wird auch der Schwerpunkt aus diesem auf den Papierstreifen markirt. Differiren diese zwei Werthe nicht über 3—4 Millimeter, so wird die Operation als beendet betrachtet und das Mittel aus beiden als richtig angenommen und auf dem Papierstreifen des Rahmens deutlich und scharf bezeichnet. Ist die Differenz eine grössere, so wird noch ein dritter und vierter Satz bis zu genügender Uebereinstimmung gegeben und wiederum der Schwerpunkt aus allen den so erhaltenen Mittelwerthen als richtig angenommen und auf dem Rahmen nach erfolgter Controle vom Observatorium her *beiderseitig* bezeichnet. Hierauf wird die Messingplatte auf diese Bezeichnung eingestellt, wobei natürlich die *beiderseitigen* Notirungen sich gegenseitig controliren und festarrirt und das Loth zur Uebertragung dieses Punktes auf die

114

Klammer unten eingehängt. Sobald die feine Stahlspitze des zur Ruhe gekommenen Senkels die Klammer berührt, wird der Punkt durch einen Feilstrich (in der Längsaxe des Tunnels) auf ihr bleibend markirt. Ist die Klammer in der Firste, so wird umgekehrt die Lotschnur an der Klammer oben so lange verschoben, bis die Senkelspitze das Centrum des Rundbrenners, besser aber noch nach Wegnahme der Lampe und ihres Untersatzes — direct das Centrum der eingestellten Messingplatte berührt und dann ebenfalls an der Firstklammer die von der Lotschnur tangirte Stelle eingefeilt, sowie die Entfernung dieses Feilstriches vom westlichen Ende der Klammer eingemessen und zu Handen des Absteckungsprotokolles notirt. Das Universalstativ bleibt vorläufig stehen, hingegen wird die aufstehende oder wieder aufgesetzte Lampe ausgelöset. Dann begibt sich der ganze Lampenposten — unter Zurücklassung eines Wächters — zum nächsten gemauerten Pfeiler, den man noch direct vom Observatorium aus bestimmen zu können hofft. Ist hier die Sichtbarkeit wegen schlechter Luftbeschaffenheit noch nicht zu erreichen, so versucht man durch Zwischenaufstellungen der Lampe auf den mitgeführten Holzstativen *näher* zu ermitteln, wie weit eigentlich vom Observatorium aus hereingesehen wird. Fehlt wenig, so wartet man geduldig zu, bis die Ventilation die gewünschte Visur ermöglicht. Ist die fehlende Länge ziemlich gross, so entschliesst man sich, einen Zwischenpunkt (provisorischen Pfeiler aus Moëllons) zu nehmen, der in gleicher Weise, wie der Portalpunkt vom Observatorium aus bestimmt und in den meisten Fällen an einer *Firstklammer* markirt wird. Das auf den Mittelwerth eingestellte Universalstativ verbleibt auch hier unverrückt an seiner Stelle, wesshalb schon bei seiner Aufstellung — nach Horizontalstellung desselben — die drei Nivellirschrauben eincementirt worden sind, wie die Instruction für alle Universalstativaufstellungen vorschreibt.

Hierauf versucht man nochmals, den nächsten *festen* Pfeiler vom *Observatorium* aus zu sehen und die Lampe darauf einzurichten. Gelingt dies, so ist der eben bestimmte Zwischenpunkt überflüssig geworden und eine Uebertragung desselben an eine Firstkammer, sofern dies umständlich, nicht von Nöthen. Gelingt dies aber durchaus nicht, so wird eine weitere Bestimmung von aussen her gänzlich aufgegeben. Einer der Herren vom Lampenposten geht zurück und zündet die Lampe beim Portalpunkt unter Controlirung ihrer unveränderten Stellung wieder an. Der ganze Instrumentposten oder seine Ablösung kommt mit seinem Inventar an die *letzten bestimmte* Stelle (nehmen wir an zum provisorischen Pfeiler) und übernimmt das dort befindliche, auf den Mittelwerth eingestellte Universalstativ, ebenso das vorsorglich zur Annahme der Tunneltemperatur bereits vom Lampenposten mit in den Tunnel eingeführte kleine Passageninstrument oder einen Theodoliten. Erst jetzt geht der Lampenposten oder seine Ablösung mit seinen Rollwagen zum nächsten festen Pfeiler vor. Unterdessen wird vom

der Durchschlag am grossen St. Gotthardtunnel.

Instrumentposten nach Wegnahme der Lampe das kleinere Instrument auf der festgeklemmten Messingplatte des Universalstativs auf- und horizontal gestellt, wodurch es sofort auf den vom Observatorium her erhaltenen Mittelwerth ohne alles Hin- und Hinabskeln *centrirt* ist und zunächst die durch den Temperatureinfluss bedingten Correcturen an demselben vorgenommen.

Sobald die Telegraphenapparate an beiden Orten an die feste Leitung eingeschaltet sind, das Instrument verificirt und das dritte Universalstativ nebst Lampe vorwärts installirt ist, so stellen die Beobachter am Instrument auf die Mittheilung >Lampe vorwärts fertig< das Licht am Portal (eventuell in der Nacht auch ein solches im Observatorium) ein, schlagen ihr Fernrohr durch und richten die Lampe vorwärts ein erstes Mal ein, dem ein zweites, drittes und viertes Mal ganz gleich, wie vom Observatorium aus, als erster Satz folgen. Die Bestimmung über die Zahl der Einstellungen und die Nothwendigkeit einer Vermehrung der Sätze bleibt sich für die Stationirung im Observatorium und im Tunnel gleich. Der aus zwei oder mehr Sätzen erhaltene Mittelwerth wird dann auch hier mit der Platte eingestellt und an die Klammer oben oder unten übertragen.

Um das lästige Herumgehen des Beobachters um Pfeiler und Instrument zu vermeiden, wird die Rückwärtsvisur von dem einen, die Vorwärtsvisur von dem andern Beobachter besorgt, so dass dieselben ihre Stellung während der ganzen Operation nicht zu verändern brauchen. Ein Nichtzusammenfallen der geometrischen mit der optischen Axe des Fernrohrs, also ein starkes Auseinandergehen der Einrichtungen in erster und zweiter Lage des Fernrohrs wird im Tunnel am zweckmässigsten so gehoben, dass man die Lampe vorwärts auf das Mittel zwischen zweiter und dritter Einstellung schieben lässt und nun den Verticalfaden darnach corrigirt.

Wäre in unserem Falle das Licht vorwärts auf dem nächsten festen Pfeiler nicht sichtbar gewesen, so müsste auch hier eine Zwischenstation eingeschaltet worden sein. Doch soll es immer Hauptbestreben bleiben, möglichst lange Visuren, also möglichst wenig Instrumentaufstellungen, zu erhalten. Lieber gibt man von ein und derselben *Stationsstelle* aus je nach der Benöthigung mehrere Punkte vorwärts, deren entferntester dann als *neuer* Stationspunkt bezogen wird.

Wir hatten also zuletzt: Lampe rückwärts auf festem Portalpfeiler, Instrument auf erstem provisorischem Pfeiler, Lampe *vorwärts* auf zweitem festem Pfeiler. Die Lampe am Portal ist nun nach Bestimmung des Punktes vorwärts überflüssig geworden. Man kann also das dortige Universalstativ holen und weiter verwenden. An die Stelle des Instrumentes kömmt die weggenommene Lampe, natürlich ohne Verrückung des Stativs, an die Stelle der Lampe vorwärts das Instrument, während der bisherige Lampenposten nach erfolgter persönlicher Uebergabe seines Stativs bis zum nächsten

festen Steinfeiler vorrückt und dort das unterdessen vom Portal herbeigebrachte Universalstativ nebst Lampe neuerdings aufstellt. Nun wiederholen sich die Operationen in der bisher beschriebenen Weise bis vor Ort, wo in kürzeren Distanzen von 100^m zu 200^m *weitere* Punkte von *einem* Standpunkt aus gegeben werden. Durch die Sprengarbeiten könnte nämlich der eine oder andere Punkt verloren gehen, was die während der Arbeit von der Unternehmung vorzunehmende provisorische Verlängerung mit Feuerzeichen bei einer ungenügenden Zahl von Punkten in Frage stellen könnte, ebenso die alle zwei Monate ohne Unterbrechung der Bohrarbeit von der Gesellschaft aus mit dem Instrument vorzunehmende Verlängerung auf 200^m, zu welcher dieselbe durch ihren Vertrag mit Herrn Favre verpflichtet ist.

Dies ist der Gang der Absteckungsarbeiten, wie er sich allmählig aus den gemachten Erfahrungen herausgebildet hat. Hindernisse kommen natürlich immer vor, wie z. B. durch ein Verunglückten von Lampe und Instrument, wofür eben die Reserven am Tunnelportal bereit sein sollen, durch Versagen des Telegraphen, Erkrankten der Techniker in der erschrecklichen Temperatur von 35° C., durch mechanische Hindernisse in der Visirlinie, seien es Gerüste, Holzeinbau, Schutz- und Schotterhaufen etc., die oft lange erst gesucht werden müssen, ehe sie entfernt werden können, Uebergang vom Sohlenschlitz in den Firststollen und schliesslich durch die plötzlich auftretenden Nebelbildungen, gegen die auch ein intensiveres Licht, wie Magnesium- und electrisches Licht, wirkungslos bleibt. Sorgfältige Dispositionen und ein gründliches Begehen des Tunnels vor der Absteckung, Ruhe und Umsicht bei der Arbeit selbst werden alle diese Schwierigkeiten überwinden.

Da die Nebelbildung meines Erachtens nur daher kommen kann, dass durch das Bestreben der ausströmenden comprimierten Luft, sich plötzlich auszudehnen, locale Temperaturerniedrigungen der bei der Tunneltemperatur mit Wasserdampf gesättigten Tunnelluft eintreten, die eine Condensation, resp. Nebelbildung aus diesen Wasserdämpfen erzeugen, so wird diesem äusserst erschwerenden Uebelstande wohl am Besten durch Schliessen aller Luftbahnen auf und zwischen den Arbeitsstellen abgeholfen.

Selbstverständlich hat dieser eben beschriebene geregelte Absteckungsvorgang verschiedene Entwicklungsphasen durchgemacht.

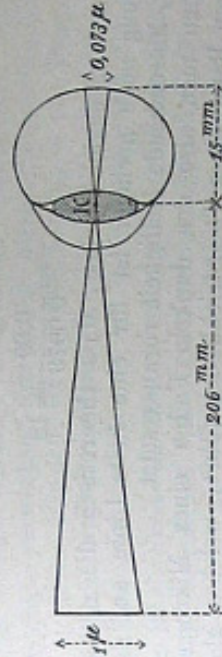
(Fortsetzung folgt als Beilage zum „Anzeigenblatt Nr. 6“.)

Ueber die Beziehung zwischen der Vergrößerung der Mikroskope und der Genauigkeit der mikrometrischen Messungen.

Herr Professor Förster, Director der Kaiserlichen Normal-Eichungs-Commission und Mitglied des internationalen Maass- und Gewichts-Comités, hat in den *procès-verbaux* dieses Comités die Resultate von Untersuchungen mitgetheilt, welche zur Gewinnung richtiger Prinzipien für die Construction mikrometrischer Apparate angestellt wurden. Diese Resultate bieten in theoretischer und praktischer Beziehung so viel Interesse, dass wir eine Uebersetzung des grössten Theils der genannten Abhandlung, mit Erlaubniss des Herrn Verfassers, hier zum Abdruck bringen.

Zur Feststellung der Begriffe bezeichnen wir mit *Vergrößerung eines Mikroskopes* das Verhältniss zwischen dem auf der Netzhaut des Auges mit Hilfe des Mikroskopes entstehenden Bild eines Linear-Elementes und dem durch freies Sehen auf der Netzhaut erzeugten Bilde desselben Objectes, für den Fall, dass das Object sich im Abstand 206^{mm} vor dem ersten Knotenpunkt des Auges befindet. (Vgl. Fig. 1.) Diese Objectdistanz, welche nicht erheb-

Fig. 1.*)



lich von dem gewöhnlich angenommenen Minimum der deutlichen Sehweite abweicht, ist durch den Umstand charakterisirt, dass ein Linearelement von 1^μ **) in jenem Abstand vom freien Auge unter einem Winkel von 1'' erscheint. Die theoretische Grösse des Kern-Linearelementes auf der Netzhaut beträgt in diesem Falle für das Bildes dieses mittlere Auge 0,073^μ.

Bezeichnet man die so definierte Vergrößerung eines Mikroskopes mit v , so hat das Bild eines Linear-Elementes von 0,1^μ auf der Netzhaut die Grösse $0,0073^{\mu} \times v$.

In Betreff der Genauigkeit hat man zu fragen: Welches muss die nach Obigem berechnete Minimaldimension eines Bildes auf

*) In dieser schematischen Figur sind die beiden Knotenpunkte des Auges als zusammenfallend angenommen, was für den vorliegenden Zweck genügt. Der gemeinsame Knotenpunkt K repräsentirt dann den optischen Mittelpunkt einer Linse.

**) μ dient hier als Abkürzung für Micromillimeter (franz. *micron*) = 0,001^{mm}. Zeitschrift für Vermessungswesen. 1880. 3. Heft. 9

Veranlassung des Deutschen Geometervereins herauszugehendes Werk über das deutsche Vermessungswesen, zur Verfügung gestellt hat.

Personal-Nachricht.

Am 17. Februar d. J. feierte eines unserer ältesten Vereinsmitglieder, der k. bayerische Bezirksgeometer Herr *Paasch* zu Mühlendorf, sein 50jähriges Amtsjubiläum. Die dem Herrn *Paasch* bei dieser Gelegenheit verliehene goldene Ludwigsmedaille wurde ihm von dem k. Rentbeamten in Gegenwart der Herren Bürgermeister, Magistratsräthe und anderer Beamten in feierlicher Weise überreicht. Durch die ergreifende Ansprache des Herrn *Renthe*, einem von Mühlendorfer Lehrern veranstalteten Gesang und ein von den Anwesenden mit Begeisterung ausgebrachtes Hoch auf König Ludwig gestaltete sich die Feier zu einer sehr würdigen und erhebenden.

Vereinsangelegenheiten.

Die 9. Hauptversammlung des Deutschen Geometervereins wird dem Wunsche der vorjährigen Versammlung entsprechend in *Kassel* stattfinden.

Der Kasseler Geometerverein hat einen Ortsausschuss zur Vorbereitung der Versammlung gewählt, welcher besteht aus den Herren Vermessungsrevisor *Koch* als Vorsitzenden, Regierungsfeldmesser *Baeritz* als Kassirer, Regierungsekretär *Bunge* als Schriftführer, Katastersekretär *Mertins*, Eisenbahnsekretär *Tiedge*, Vermessungsrevisor *Vogel*, } als Mitglieder.

Im Einverständnis mit dem Ortsausschuss hat die Versammlungschaft die Zeit der Versammlung auf die Tage vom 4. bis 7. Juli festgesetzt, wovon den Vereinsmitgliedern hierdurch vorläufig Kenntniß gegeben wird.

Etwasige Anträge für die Tagesordnung bitten wir, spätestens bis zum 1. Mai an den unterzeichneten Vereinsdirektor richten zu wollen.

Köln, 20. Februar 1880.

Die Vorstandschaft des Deutschen Geometervereins.

L. Winkel.

In Poppelsdorf bei Bonn hat sich aus den an der dortigen Akademie studirenden Feldmessern in neuester Zeit der „*Geodätisch-culturtechnische Verein*“ gebildet. Der Zweck desselben besteht in der Hebung und Förderung der Fachinteressen und der gegenseitigen Unterstützung im Sinne des culturtechnischen Studiums. Der Verein wird es sich besonders zur Aufgabe machen, culturtechnische Fragen in geeigneter Weise in pleno durchzuberathen und bezügliche Anfragen zweckentsprechend zu beantworten.

Die letzten Richtungsverifikationen und der Durchschlag am grossen St. Gotthardtunnel.

Von O. Gelpke, Ingenieur.

(Fortsetzung.)

Vorgehen und Schwierigkeiten bei früheren Absteckungen.

Bei den ersten Absteckungen erfolgte die Verständigung zwischen Observatorium und Lampe mit Hülfe von Relais und Hornsignalen. Die starken Wasserzuflüsse, der Holzeinbau, der Gebirgsdruck vermehrten die Zahl der Hindernisse. Von einer sorgfältigen Disposition der Arbeit und Instruction des theilnehmenden Personals war noch wenig die Rede. Alle Klammern waren noch in der Firste angebracht. Es bedurfte deshalb durchgehends Gerüste und Leitern, um bequem hinzu gelangen zu können. Die Universalstative existirten noch nicht. Als Lichtsignal wurde noch das hin- und herflackernde, starken Rauch erzeugende Magnesiumdrathlicht und die gewöhnlichen Bureaulampen verwendet. Diese standen auf einem mit der Linealibelle horizontal gestellten Brett und wurden nach Commando des Beobachters am Instrument verschoben. Ihre jedesmalige richtige Stellung wurde durch Umfahren des runden Fusses mit einem Bleistift auf der Unterlage vermerkt und dann die Lampe in die Mitte dieser erhaltenen Kreise gestellt, ausgelöscht und ein kleines rundes Repèreplättchen in die Oeffnung des Rundbrenners gelegt, dieses eingesenkt und an der Klammer in der Firste da, wo die Senkschnur anlag, ein Feilstrich angebracht und dieser behufs leichterer späterer Auffindung vom westlichen Klammerende eingemessen. Oft genug kam es aber dabei vor, dass die Schnur des einspielenden Lothes von der Klammer etwas abstand, wodurch die Uebertragung des Punktes auf dieselbe etwas schwierig und ungenau wurde, ja sogar eine Wiederholung der eben vollendeten Operation bei einer genaueren Stellung der Lampe unter der Klammer oder ein Versetzen der Letztern bedingten.

Das Schlimmste kam aber erst jetzt. An die Stelle der Lampe vorwärts kömmt bekanntlich das Instrument. In den seltensten Fällen konnte es direct auf der Unterlage der Lampe (weil zu wenig stabil oder zu excentrisch) über das erhaltene Mittel aus den Kreisen gestellt werden, sondern musste erst wieder von dem Feilstrich an der Firste auf seinem Stativ eingesenkt werden. Unter die Senkelspitze gebracht, stand das Instrument gewöhnlich noch nicht horizontal. Horizontal gestellt war es nicht mehr unter der Senkelspitze. Wieder unter diese gebracht, hatte es von Neuem seine horizontale Stellung verloren u. s. w., so dass bis sechs Verstellungen nöthig werden konnten, ehe man das Richtige traf. Nicht genug, das Instrument einmal weggenommen, musste erst wieder die Lampe rückwärts, die nun an seine Stelle kam, in gleicher Weise

von oben eingesenkelt werden, eine zeitraubende, Geduld erschöpfende und zu manchem Unheil durch Fallenlassen der schweren Senkel führende Procedur. Schliesslich war von festgemaureten Pfeilern im Firststollen nicht die Rede, da sie bei Eröffnung des Sohlenschlitzes doch wieder beseitigt worden wären. Da auch die Tunnelausmauerung anfänglich nicht im Gange war, so standen auch keine Gewölbesteine für Erstellung provisorischer Pfeiler in Trockenmauerung zur Verfügung. Lampen und Instrument kamen daher auf Holzgerüste, meist auf Stativ zu stehen. Die ersten boten weder eine solide unbewegliche Grundlage, noch erlaubten die letztern eine grössere Verschiebung der Lampe, sie hätten dem zufällig genau in die wirkliche Axe gestellt sein müssen. In Folge dessen kamen die Lampen öfters ganz an den Rand des Stativs, mit Hilfe des quer übergelegten Brettes selbst darüber hinaus zu stehen und in diesen Fällen war es immer unmöglich, das Instrument direct, also ohne Einsenkeln, an die Stelle der Lampe zu bringen. Es musste vielmehr vor Aufstellung des Instruments ein Versetzen des Stativs erfolgen und die Centrirung des Theodolits von der Klammer aus, wie oben beschrieben, geschehen, ebenso die Aufstellung der das Instrument ersetzenden Lampe rückwärts, weil die stets etwas schiefe Tellerfläche des Stativs ohne eine neue Unterlage und Unterkeilung derselben eine verticale Aufstellung derselben nicht ermöglichte.

Absteckung vom October 1875 und daherige Errungenschaften.

Als ich im October 1875 im Auftrag des neuen Obergeringens, des Herrn Hellweg, die Absteckung in Göschenen und Airolo persönlich durchführen sollte, um, wie er sich ausdrückte, endlich Methode in diese Arbeit zu bringen, traf ich leider in Göschenen erst mit Beginn der Arbeit ein und fand dort alle die genannten Schwierigkeiten und Uebelstände vor, von denen einige durch eine sorgfältigere und umsichtiger Vorbereitung hätten vermieden werden können. Die Folge war, dass ich bei der gleich nachfolgenden Absteckung in Airolo trotz der dortigen schwierigeren Verhältnisse (mehr Wasser und Holzeinbau, daher mehr Nebel, kürzere Visuren und zahlreichere Instrumentaufstellungen) durch vorherige persönliche Inspicirung des Tunnels und Anordnung der Gerüststellungen, der Klammerversetzungen, Entfernung der Hindernisse fast einen Tag an der Absteckungszeit gewann.

Nach Luzern zurückgekehrt war es im Laufe des Winters mein Bestreben, eine andere Lampenconstruction und ein Universalstativ, das die Eigenschaften des Anfangs beschriebenen versprach, zu entwerfen. Es gelang mir diess auch, nur erlaubte mein Universalstativ noch eine zweite Bewegung der Messingplatte, senkrecht auf die erste, wodurch selbe ohne Versetzen des Rahmens rascher unter die Firstklammer gebracht werden sollte. Die An-

schaffung dieses Universalstativs wurde noch von der Tit. Direction genehmigt und war die Werkzeichnung schon zum Mechaniker gewandert und ein lebhafter Briefwechsel über mechanische Details eingetreten, als die Finanzkrisis der Gotthardbahngesellschaft erfolgte und damit die Auflösung meiner Abtheilung und meine eigene Entlassung eintrat.

Diese meine Anregung wurde aber, wie ich bei der diessmässigen Absteckung zu meiner angenehmen Ueberraschung gesehen, doch später noch verwerthet und halte ich die eingetretene Abänderung meines Stativs (nämlich nur Gestattung einer Verschiebung) für momentan durchaus zweckentsprechend und practisch, schon wegen der grössern Einfachheit, aber auch deshalb, weil die nunmehrige Anwendung fester Steinpfeiler mit Klammern in der Sohle das Darüberbringen des Stativs von Hand ganz anders leicht gestattet, als früher die ausschliesslichen Firstklammern ein genaues Darunterbringen. Aus dem Gesagten geht deutlich hervor, dass beim Sohlenstollenbetrieb speciell die Absteckungsarbeit eine viel leichtere ist, weil gleich von vorne herein *Meißende* Steinpfeiler in der Sohle möglich sind und weil bei ein- oder mehrmaliger Bestimmung solcher am Portal, bei 500^m und 1000^m u. s. w. die Absteckungen vom Observatorium aus gar nicht mehr benötigt sind, sondern gleich mit der Verlängerung der Richtung im Tunnel (bei mehrfach controllirter Rückvisur) ganz unabhängig von der Witterung mit grosser Zeitersparniss begonnen werden kann.

Beurtheilung der letzten Absteckung (Göschenen).

Vom Tit. Eisenbahndepartement aufgefodert, der im October 1879 erfolgten letzten Richtungsverifikation in Göschenen *controllirend* beizuwohnen, hatte ich, wie es sich aus der vorliegenden Beschreibung von selbst ergibt, mein Augenmerk auf folgende vier Punkte richten zu müssen geglaubt:

1. Auf die unveränderte Lage des Observatoriums zu den Marken oder vice versa.
2. Auf die Leistungsfähigkeit und den Zustand der zur Anwendung kommenden Instrumente und Geräthe.
3. Auf die Zulänglichkeit der vorbereitenden Arbeiten und
4. Auf die Absteckung selbst, die Art ihrer Durchführung und ihr Ergebniss gegen frühere Verifikationen.

Ad 1. Um diese erste Frage zu untersuchen war ich etwas vor dem Absteckstermin in Göschenen eingetroffen, erfuhr aber dasselbst anlässlich meines Besuches beim dormaligen Sectionsvorstand, dass — wohl in Folge meiner bezüglichen früheren Anregung — drei Wochen vorher diese bisher noch nie vorgenommene Untersuchung von Seiten der Gesellschaft durch Herrn Koppe sowohl in Göschenen, wie in Airolo, wo dieselbe von grösserer Bedeutung, bereits mit befriedigendem Resultat stattgefunden habe.

Da ich weiter hörte, Herr Koppe werde dieser Tage selbst kommen, mir also Gelegenheit werden, Näheres darüber von ihm persönlich zu erfahren, so verzichtete ich auf diese nun überflüssige Untersuchung um so eher, als einige der vom Observatorium sichtbaren Signale, von denen ich die Lage der Marke ableiten wollte, seither durch Neubauten verdeckt worden waren. Die mündliche Auseinandersetzung über die Art seines Vorgehens und über die Bezeichnung der dritten bisher verdeckt gewesenem Controlmarke zu dieser Untersuchung mussten mich gänzlich befriedigen, da ein *gleichmässiges* Verschieben des Observatoriums gegen alle drei verschieden entfernten Marken vor- und rückwärts undenkbar ist.

Ad 2. Die durch das Wegfallen dieser Controlle erübrigte Zeit verwandte ich dazu, das noch nicht gesehene kleine Passageinstrument und die Universalstative, deren beider Vorhandensein aus dem Studium der Acten ich schon kannte, durch eigene Anschauung näher kennen zu lernen und theilweise zu skizziren.

An dem kleinen Passageinstrument sind die solide Bauart, die stabile Gabelstütze und die Gläser des Fernrohrs anerkennenswerth.

Meinerseits würde ich für das Gewicht des Instruments eine etwas höhere Zapfenführung wünschen, ferner den Kugelmikrometer für die horizontale Feinführung gänzlich verwerfen, da er leicht rückweise arbeitet und schliesslich das Diaphragma mit den eingespannten Fäden auswechseln, da solches zur Zeit ungemein veränderlich war und häufige Correcturen im Tunnel verlangte, wenn man nicht die Bestimmungen in der einen oder andern Lage des Fernrohrs sehr weit auseinander fallen sehen wollte. (Die Pressschrauben haben sich jedenfalls eingearbeitet oder wirken auf eine schiefe Fläche.)

Ueber das Universalstativ in seiner jetzigen einfachen und practischen Form mit seiner Leistbarkeit und leichten Handhabung kann ich mich nur lobend aussprechen, doch müssten deren vier zur Vermeidung von Zeitverlusten vorrätzig sein. Bei einer Visurlänge von 1000^m ist das Holen des Stativs rückwärts und Bringen bis zum Lampenposten vorwärts, also ein Weg von 2×2000^m , befreilich versäuernd.

Ueber das grosse Passageinstrument habe ich mich bereits bei Beschreibung der Instrumente eingehend geäußert. Es ist aus Kern's Werkstätte wirklich als vorzüglich gelungen hervorgegangen und entspricht seinem specielle Zwecke nun aufs Beste.

Weniger zufriedengestellt war ich von den Lampen und ich begreife nicht, dass man die kaum nennenswerthe Mehrausgabe, solche von einem Mechaniker zu beziehen, der auf genaue Centrirung und scharf eingeschnittene Gewinde gesehen hätte, geschenkt und sich mit dem ungenügenden Fabrikfabricat begnügt hat. Jetzt muss also auf dem Unterlags-Dreifuss ein zweiter Ring behufs Ermöglichung einer kleinen Verschiebung für die Centrirung der Lampe angebracht sein und die Lampe ausserdem noch so

lange gedreht werden, bis man eine Stellung findet, in der sie mit dieser kleinen Bewegung überhaupt centrirungsfähig ist. Diese Centrirung gilt demnach nur für eine *besondere* Stellung der Lampe und muss daher diese an Lampe und Unterlage durch Farbstriche bezeichnet und immer festgehalten werden. Eine Verwechslung der Unterlags-Dreifüsse darf daher nicht eintreten, sondern für dieselbe Lampe nur der betreffende Dreifuss zur Verwendung kommen und was nun, wenn eine Lampe gänzlich verunglückt? Es müsste erst wieder die Centrirung einer neuen im Tunnel selbst vorgenommen werden, was immer umständlich und aufregend.

Der Justirung der Instrumente im Observatorium durch den Herrn Sectionsvorstand und Herrn Koppe, sowie der Centrirung der Lampen wohnte ich persönlich bei und überzeugte mich, dass die Instrumente jeder billigen Anforderung entsprechen.

Ad 3. Das Studium der jedem Theilnehmer übermittelten Instruction nebst Verzeichniss des mitzunehmenden Inventars überzeugte mich, dass hier ganz wesentliche Fortschritte in den letzten Jahren gemacht worden und dass der Absteckungsplan nun wirklich durchdacht und auch im Tunnel bis auf kleine Zufälligkeiten und Versehen gründlich vorbereitet sei. Die Einsicht von der Wichtigkeit dieser Vorkehrungen, die Nothwendigkeit der schriftlichen Aufzeichnung aller Dispositionen und der Inventarien, somit erleichterte Kenntnissanhangabe an die zahlreichen Theilnehmer musste sich schon im eigensten Interesse der beteiligten Techniker mit der Zeit Bahn brechen, wie sich auch bei denselben eine gewisse Arbeitsroutine für die einzelnen Branchen der Absteckung allmählig ausgebildet hat. Dass jedem der Posten, deren Techniker zum Theil aus andern Sectionen recrutirt werden müssen, immer einer der Herren Göschener Ingenieure mit seiner besondern Localkenntniss beigegeben war, darf als glücklicher Gedanke wohl noch Erwähnung finden.

Ad 4.

a. *Nivellement.* Gemäss Uebereinkunft mit der Unternehmung wurden am 12. October 1879 Abends die Bohrarbeiten sistirt und die Ventilation begonnen, nur an der Mauerung in der Druckstelle wurde die ganze Absteckungszeit über weiter gearbeitet. Montags den 13. circa 8 Uhr Morgens begann das Nivellement vom Profil 3570 ab in vier Abtheilungen durch die Herren Mächler bis 4400, Dress bis 5400, Seibert bis 6300 und Isaak bis 7300 unter Einbeziehung der Schlusssteine in den Nischen 3700 und 4700 ganz in der vorne beschriebenen Weise.*) Das Endresultat, verglichen mit dem vorjährigen, ergab im letzten streng vergleichbaren Punkt

*) Die Beleuchtung der Fäden in den Nivellirinstrumenten geschieht, wie vorne bei den Theodoliten beschrieben wurde. Diejenige der Nivellirplatte wird durch drei auf einem Brettchen nebeneinander aufgeklebte Kerzen vermittelt.

bei Profil 6300^m 11^{mm} Differenz, in der periodischen Verlängerung sogar noch weniger, nämlich bei 7100^m noch 8^{mm} und bei 7380^m nur noch 2^{mm}. Eine Wiederholung der einen oder andern Strecke wurde nirgends nötig. Dem Herrn Seibert verunglückte seine Libelle und wurde deshalb das Reserveinstrument benötigt. Bald darauf zersprang Herr Dress eine Correctionsschraube, konnte aber durch diejenige des invalid gewordenen Instrumentes ersetzt werden, so dass die Arbeiten keinen längeren Unterbruch erlitten. Alle vier Herren beendigten ihre Aufgabe denselben Tag.

b. Telegraphie. In den Tagen vom 12. und 13. wurde durch Herrn Obertelegraphist Schäfer aus Bellinzona zwischen Observatorium und Profil 6000 eine feste Leitung längs der Tunnelwand gelegt. Vo da ab musste das aufrollbare Kabel zwischen Beobachter und Lampe vorwärts zur Verständigung dienen. Ausser dem festen Telegraphenapparat im Observatorium waren drei transportable vorhanden, von denen der eine aber nicht functioniren wollte. Letzteres war zu bedauern, denn wahrscheinlicher Weise wäre es bei der Möglichkeit einer Verständigung gelungen, ohne die bereits begonnene Verlängerung der Richtung im Tunnel, zu welcher *zwei Apparate benötigt* waren, zu sistiren, in der Nacht zum 14./15., jedenfalls vom 15./16., vom Observatorium aus den Punkt bei Profil 2000 *direct* zu geben, somit den durch die Verlängerung hier erhaltenen Axpunkt zu kontrolliren. Die zu diesem Zwecke in der Nacht vom 14./15. mit dem eingeschalteten Telephon gemachten Versuche gelangen nur einseitig, indem ich das im Observatorium Gesprochene theilweise verstand, aber nicht umgekehrt dort verstanden wurde. Als Telegraphisten functionirten am Tage die Herren Schäfer und Tschudy, Nachts die Herren Gianella und Bächtold. Apparate und Leitung haben nach Verstärkung der Batterien nicht versagt.

c. Absteckung. Dieselbe begann den 13. Abends 8 Uhr. Da für das Observatorium die Herren Sectionsvorstand Zollinger und der beigezogene Dr. Koppe designirt waren und die dortige Arbeit — nach schon absolvirter Untersuchung und Justirung des Instrumentes — nur in Einstellung der beleuchteten Marke und Kippen des Fernrohrs in die Tunnelebene bestand, so begab ich mich zum Lampeposten in den Tunnel, den Herren Stiebitz und Schwagera. Der erste festgemauerte Pfeiler stand circa 30^m rückwärts vom Tunnelportal und war darüber ein Holzgerüst in zwei Etagen erstellt. Universalstativ und Lampe darauf wurden von einer Gartenleiter aus regiert. Glücklicher Weise war das Lampenlicht knapp über die Sohle der Visirstollen weg noch auf der untern stabilern Etage vom Observatorium aus sichtbar und konnte in zwei Sätzen, die nur 1^{mm} im Mittel von einander differirten, bestimmt werden. Der auf die Klammer in der Basis des Steinpfeilers eingesenkelte neue Punkt fiel zwischen die zwei früheren, und zwar 1^{mm} rechts von der Zollinger'schen und 3½^{mm} links von der erst drei Wochen zuvor gegebenen Koppe'schen. Als späterer Aufstellungs-

punkt für die Lampe (Visur rückwärts) wurde das Mittel aus allen drei Bestimmungen genommen. Gegen 9^b 50^m war die ganze Operation hier beendigt. Der nächste im Programm vorgesehene Steinpfeiler lag bei 1300^m, wohin wir vorrückten. Trotz aller Versuche, Demoliren des Gerüsts am Portal und längeren Zuwartens wurde hier das Licht vom Observatorium aus nicht gesehen. Wir versuchten, mit provisorischen Aufstellungen der Lampe auf Holzstativen den Punkt zu ermitteln, wo die Sichtbarkeit beginne. Es war dies circa bei Profil 1000^m. Laut Disposition sollte die Absteckung für diese Nacht gänzlich sistirt werden, wenn dieser Punkt nicht gegeben werden könne. Gegen 3¼ Uhr Morgens verständigten wir uns deshalb mit dem Observatorium über das Abbrechen der Arbeit. Erst den folgenden Abend 14./15. präcis 8 Uhr wurde bei 1300^m vom gleichen Personal im Beisein des Herrn Zollinger der Versuch neuerdings aufgenommen und gelang nun endlich, obwohl die vom Wind oder Menschen ohne unser Wissen zugegeschlagene Thüre des einen Visirstollens uns anfänglich vexirte. Im Observatorium waren anfangs der Nacht die Herren Dress und Koppe. Die Einstellung der Lampe erforderte aber hier fünf Sätze, von denen einer wegen auffälligen Ausschlagens gestrichen wurde. Die grösste Differenz der Mittel aus den vier andern Sätzen betrug unter sich 5^{mm} und wurde der Schwerpunkt aus denselben auf die Klammer in der Basis des Pfeilers übertragen. Diese trug bereits zwei Marken aus früheren Absteckungen, die 11^{mm} von einander abstehen. Die neue Marke fiel 1^{mm} links von der rechteitigen früheren und 10^{mm} rechts von der linksseitigen früheren oder 4½^{mm} rechts von dem *damals* zur Verlängerung *benutzten Mittelwerth*.

Nachdem man sich überzeugen musste, dass das auf dem nächsten festen Pfeiler bei Profil 2000 aufgestellte Lampensignal noch nicht vom Observatorium sichtbar sei, so wurde beschlossen, von 1300 an mit dem kleinen Passageninstrument die Richtung zu verlängern, unbeschadet eines nochmaligen spätern Versuchs vom Observatorium aus. Da aber die hierfür in Ermangelung eines dritten brauchbaren Telegraphenapparates mit dem Telephon vorgenommenen Verständigungsversuche der Erwartung nicht entsprachen, so wurde diese Absicht in Folge aufgegeben. Desshalb verliess Herr Koppe nach Mitternacht das Observatorium, um nächsten Morgen gänzlich abzureisen, während Herr Dress in den Tunnel kam und mit Herrn Zollinger den Instrumentposten bildete. Um 1^b 40^m stand das kleine nochmals justirte Passageninstrument auf 1300, die Lampe rückwärts auf Punkt Portal und zwar auf dem Steinpfeiler, nicht auf dem Gerüste, die Lampe vorwärts auf dem festen Pfeiler bei 2000 und waren die zwei functionirenden transportablen Telegraphenapparate mit der Leitung verbunden. Bei der ersten Einstellung vorwärts zeigte sich hier ein Hinderniss, indem die Lampe bei 2000 durch irgend ein zwischenliegendes Object verdeckt sein musste. Es kostete einige Mühe, bis man

Druckstelle eine Luftlocomotive zur Verfügung des Abstockungs-personals. Das Betreten des Tunnels war über die ganze Zeit nur den Beteiligigten und den Arbeitern bei der geführten Stelle gestattet und das Mitnehmen von qualmenden Oellampen strengstens untersagt. Nach dem Passiren der Druckstelle wurde der Gebrauch von Oellampen den dortigen Arbeitern wieder gestattet.

Zum Schlusse lasse ich die kurze vergleichende Zusammenstellung der Resultate folgen, aus der sich nebenher ergibt, dass die Pfeiler und Klammern bei Profil 2500, 3700 und 4400 angesichts der Möglichkeit langer Visuren gar nicht benutzt zu werden brauchten.

Profile der neu bestimmten Klammern.	Differenz von	
	Marke Dez. 1878.	Marke Mai 1878.
	mm	mm
Portal	1,0	
1300	4,5	1,0
2000	5,0	7,0
2950 neue Klammer	19,7	17,2
4000		
		Diese zwei Marken waren von der Firstklammer auf die Sohlenklammer übertragen worden, sind also mit Senkelfehlern behaftet.
4950 neue Klammer	2,0	8,0
6000	5,0	
6200	4,0	
6400	40,0	
7000		
7300 neue Klammer	50,0	
7380		
		Differenz mit Verlingerung, welche periodisch alle zwei Monate ausgeführt wird.

Es verläuft also die neu abgesteckte Axe in einem Abstände von 4—5 Millimeter von derjenigen der letzten Dezember-Absteckung und in einen solchen von 7—8 Millimeter von derjenigen der Mai-Absteckung.

Die Differenz auf dem letzten wirklich vergleichbaren Punkt bei Profil 6400 beträgt nur 4^{mm}, somit kann diesmal die in *langen Visuren* erlangte Uebereinstimmung mit der jetzt vorhergehenden Absteckung *äusserst befriedigend* und *beruhigend* genannt werden.

Eine Zuthheilung von zwei Ingenieuren für jeden Posten ist unerlässliche Bedingung zu einem raschen und sichern Gelingen, denn man darf nicht vergessen, dass in den abnormen Tunnelverhältnissen ein Jeder viel leichter körperlichem Unbehagen ausgesetzt ist, wie sonst. So waren die Hilfskräfte von Airola schon von vorne herein Alle etwas unpasslich. Dazu kam die un menschliche Hitze bei wahrscheinlich etwas erhöhtem Luftdruck, an die

unter den zahlreichen Schotterhaufen, die der linken Tunnelwange entlang lagen, denjenigen ausfindig machte, der die Visur hemmte. Dies Hemmniss einmal entfernt, wurde der Punkt bei 2000 in drei Sätzen, die nur 2^{mm} unter sich differirten, gegeben. Der an die Klammer in der Pfeilerbasis übertragene neue Punkt fiel 5^{mm} rechts von dem im December 1878 bestimmten. Bedauerlich bleibt es immerhin, dass nicht wenigstens bis hierher direct vom Observatorium aus gesehen werden konnte und wird dieses negative Resultat Herrn Gerwig, der in dieser Beziehung wie schon bemerkt, ganz anderer Hoffnungen lebte, sicherlich interessiren. Wäre das Observatorium auf dem einen oder andern Ufer der wirklichen Reuss unweit des Tunnelmundlochs erstellt worden, so wären die theueren und schädlichen Visirstellen weggefallen. Dieser Ausgangspunkt wäre zu dem vom Meggenstock und Riesenstock aus besser zu bestimmen gewesen (besserer Schnitt und geringere Depression) als das jetzige Observatorium, die Richtungsmarke dagegen hätte rückwärts fallen müssen, so dass behufs der Richtungsangabe ausser dem Kippen noch ein jedesmaliges Durchschlagen des Fernrohrs nöthig geworden, ganz wie im Tunnel selbst. Dafür hätte man wieder den grossen Vortheil gehabt, eine höhere und tiefere Aufstellung des Instruments vorsehen zu können und in letzterer eine weit längere Visur in den Tunnel hinein zu erreichen. Gegen 5 Uhr Morgens konnte man weiter rücken. Die Lampe vorwärts kam auf den Pfeiler bei 2950 hinter die Druckstelle mit ihrem starken Holzcinbau, der nur Raum für die Durchfahrt der Rollwagen liess, zu stehen, das Instrument bei 2000 und die Lampe rückwärts bei 1300. Wider Erwarten war diese etwas lange Visur vorwärts, die wegen des Dunstes in der sogenannten *»blähen«* den Strecke, in der die ganze Zeit über mit dem Einbau neuer Gewölbringe fortgefahren wurde, äusserst zweifelhaft erschien, ganz leicht zu bewerkstelligen und wurde von dem uns ablösenden Posten ohne viel Zeitversäumniss vollzogen. Die Ablösung für den 15. bestand aus den Herren Seibert und Isaak beim Instrument und Lenz und Durdis bei der Lampe vorwärts. So langsam bisher die Absteckung insbesondere vom Observatorium aus vorgeschritten war, so rasch wickelte sie sich nun im Innern des unterdess gründlich ventilirten Tunnels ab. Es wäre ermüdend, wenn ich jede einzelne Station in der vorstehenden Weise behandeln wollte. Eine Zusammenstellung der Stationen und der vergleichbaren Ergebnisse muss genügen.

Der Tagposten vom 15. bestimmte die Pfeiler bei 2950, 4000, 4950 bis 6000, der Nachtposten vom 15. auf 16. die Pfeiler bei 6000, 6200, 6400 und mittelst Stativen die Klammern bei 7000, 7200, 7380, womit die Absteckung Donnerstags, den 16. früh gegen 8 Uhr beendigt war, so dass der Tagposten nicht mehr einzufahren brauchte. Der Nachtposten hatte somit drei Schichten, der Tagposten nur eine Schicht gehabt.

Während der ganzen Absteckung stand vor und hinter der

man sich auch nur allmähig durch Uebergänge von Schwindel und Uebelwerden etwas gewöhnen kann. Eine Zunahme der Temperatur (35°C) wäre kaum mehr erträglich und deshalb ist der bald erfolgende Durchschlag als eine wahre Erlösung für die Arbeiter freudigst zu begrüssen.

Diese Temperaturzunahme, die ungefähr 1°C für 150 Fuss überliegendes Gebirge beträgt, kann bei der grösseren Elevation des Simplon und gar des Mont Blanc-Massivs die dort projectirten Tunnels wahrhaft in Frage stellen, so lange man nicht ein Mittel zu etwelcher Abkühlung gefunden.

Letzte Verification in Airolo.

Wir gehen nun über zu der letzten Richtungsverifikation in Airolo, für welche alle Vorbedingungen und Verhältnisse, Instrumente und Personal ganz die nämlichen waren, wie die eben für Göschenen beschrieben und genannten, wesshalb ich mich hier ausschliesslich auf die nähere Beleuchtung der letzten Absteckung selbst beschränken kann.

Gesichtspunkt für diese letzte Absteckung.

Wenn auch bei den frühern Absteckungen nichts versäumt worden war, um möglichst genaue Resultate zu erzielen, so war doch im Interesse der Tunnelunternehmung dahin gestrebt worden, die Absteckung möglichst zu beschleunigen, um die Unterbrechung der Bohrarbeiten auf die zulässig kleinste Zeitdauer einzuschränken. Für diese letzte Axcontrolle mussten aber andere Gesichtspunkte maassgebend sein. Die Beschleunigung der Arbeiten war als nebensächlich ausser Acht zu lassen und rücksichtslos zur Erhöhung der Genauigkeit des Endresultates nur darauf hinzuwirken, dass alle in Berücksichtigung kommenden Momente in erhöhtem Masse vorhergesehen und vorbereitet seien, dass mit Ruhe und Sicherheit gearbeitet und vor Allem vom Observatorium aus die Richtung möglichst weit ins Innere des Tunnels ohne Zwischenpunkte übertragen werden könne.

Wir werden im Weitern sehen, dass wenigstens diese letztere Absicht vereitelt wurde und mit Mühe und Noth das Profil 600 in direkter Visur vom Observatorium aus erreicht und hier trotz dreifacher Bestimmung nicht einmal *die* Schärfe erlangt worden ist, welche die kurze Distanz mit Sicherheit erwarten liess. Die Ursachen dieses negativen Resultats werde ich ebenfalls erörtern und den Weg angeben, wodurch dieselben hätten vermieden und überwunden werden sollen.

Nivellement und Längenmessung.

Die Sistirung der Arbeiten erfolgte den 10. Januar 1880 Abends nach 9 Uhr, um welche Zeit die letzten Schüsse vor Ort abgefeuert wurden und begann dann die allgemeine Ventilation des Tunnels durch Oeffnen aller Lufthähne im Richtstollen.

Das Nivellement mit seinen kurzen Distanzen konnte daher, bisherigem Herkommen gemäss, anstandslos im Laufe des 11. erfolgen und zwar vom Profil 4221 bis 4970 durch Herrn Zeller, bis 5635 durch Herrn Isaak und bis 6400 durch Herrn Dress, während gleichzeitig die Längenmessung vom Profil 6150 bis Stellenort durch Herrn Boley (Sectionsvorstand) unter Assistenz von Herrn Durdis ausgeführt wurde.

Jeder der Anfangs genannten Herren hatte also ungefähr 700^{m} vor- und rückwärts zu nivelliren. Die Fixpunkte für die Anfangs- und Schlusspunkte befanden sich auf vorspringenden Steinen des östlichen Widerlagers angebracht und waren durch Farbestrich hervorgehoben. Behufs unbeeinflusster und unabhängiger Rechnung erhielt jeder Nivellirende eine imaginäre Ausgangsquote für seine Berechnung. Gemäss Instruktion war das niedrigere Ende aller Firstklammern anzuschliessen. Das Nivellement, das den folgenden Tag von 6400^m bis vor Ort durch Herrn Schwagera vollendet wurde, ergab am letzten vergleichbaren Punkt mit der vorjährigen Controlle, nämlich bei Profil 6200, Westende der Richtungskammer 1159,796^m gegen 1159,806^m und ebenso im Vergleich mit der periodischen Verlängerung bei Profil 6774,39, Firstpflock, 1160,264^m gegen 1160,330^m im vergangenen Jahr.

Bei der Berechnung zeigte sich, dass sich in das Nivellement der Strecke 5635 bis 6400 ein Irrthum eingeschlichen hatte und musste deshalb dieses Stück trotz bereits erfolgter Wiederaufnahme der Bohrarbeiten später nochmals nivellirt werden, ehe obige Resultate erhältlich waren.

Telegraphie.

Unterdessen war auch eine feste Telegraphenleitung im Tunnel durch den Obertelegraphisten der Gotthardtbahn bis circa 6300^m gelegt und im Observatorium und beim Tunnelleingang Telegraphenapparate installiert worden.

Die feste Leitung sollte, wie schon in Göschenen, auch hier nach Beendigung der Absteckungsarbeiten verbleiben, soweit wenigstens der fertige Tunnel reichte, also bis circa 4500^m, und nur weiterhin wieder entfernt werden, weil sie daselbst doch durch das Abschliessen der Minen gefährdet gewesen wäre. Mit dieser festen Leitung konnten nun wieder die zwei transportablen Apparate an jedem beliebigen Punkte in Contact gesetzt und der gegenseitige Verkehr zwischen zwei Arbeitsstellen vermittelt werden. Bis auf einige kürzere Störungen, die beispielsweise von zu geringer Verdünnung der Salzlösung in den Batterien, Einfrieren der Lösungen (wie behauptet wurde?), hauptsächlich aber durch ungenügende Isolirung der Leitung und daherigen Stromverlust entstanden,*) functionirte die Leitung in genügender, wenn auch oft

*) Hiefür genügt schon das Anhängen eines feuchten Lumpens oder Hemdes im Bereich der Leitung, wie es von Seiten der Arbeiter bei den Pumpen diesmal vorgekommen ist und lange nicht entdeckt werden konnte.

schwacher Weise. Das aufrollbare Kabel, das früher durchgehends, jetzt nur noch die letzten 100 Meter vor Ort angewendet wird, besteht in einem Drath mit Guttaperehäuherzug, auf einer Scheibe aufgewickelt, welche der Lampenposten auf seinem Rollwagen mit sich führt. Beim Gebrauche wird das Kabel von der Scheibe während Instrumentposten übergeben und das Kabel von der Scheibe während dem Vorwärtsfassen des Rollwagens bis zum nächsten Pfeiler abgewickelt, wodurch es in das Wasser zwischen den Schienen zu liegen kommt. So lange es nun nicht durch Darauftreten mit Nägelschuh etc. lödirt wird (was aber nicht immer zu umgehen), hat sich die Isolirung meist bewährt. Ist aber nun die Station absolvirt, so muss, ehe man weiter rücken kann, das Kabel wieder rückwärts gehend allmählig und sorgfällig aufgerollt werden; ein Nachschleifen ist durchaus unthunlich und hierdurch entsteht ein grösserer und ärgerlicher Zeitverlust, der bei dieser Arbeit wenn irgend möglich vermieden werden sollte.

Vorbereitung der Absteckung.

Wie für Göschenen, so war auch für diese letzte Absteckung von einer Instrumentaufstellung auf Stativen Umgang genommen und für jeden wahrscheinlichen Stationierungspunkt ein Steinpfeiler in Nassmauerung aufgeführt worden. Im fertigen Tunnel befanden sich solche bei den Profilen 600, 933, 1267, 1600, 1933, 2267, 2600, 2933, 3267 und 3900. Der nächst folgende Pfeiler stand bereits auf der Calottenetage bei 4500 und weiter vorwärts noch solche bei 5100, 5700 und 6300. Nur die letzten Richtungspunkte im Avancement bei 6800, 6900 und 7000 sollten auf Stativen gegeben werden. Man ersieht hieraus, dass für die erste Hälfte des Tunnels bis Profil 3267 je Abstände von 333^m und von da ab entsprechend der bessern Luftbeschaffenheit je Abstände von 600^m angenommen waren. Die gegenseitige Sichtbarkeit dieser Pfeiler war natürlich zuvor untersucht und durch Entfernung aller mechanischen Hindernisse bestmöglichst gesichert worden.

Eine Instruction über die Aufstellungspunkte, Beobachtungsweise, Fehlergrenzen, Fixirung der erhaltenen Mittelwerthe, ferner eine Personaldisposition für die Nacht- und Tagschichten bei Instrument und Lampe vorwärts und ein Inventarverzeichniss regulirte alles Weitere und wies jedem Theilnehmer klar seinen besondern Wirkungskreis und die Art und Weise seiner Functionen an.

(Schluss folgt im 4. Hefte.)

ZEITSCHRIFT FÜR VERMESSUNGSWESEN.

Organ des Deutschen Geometervereins

Unter Mitwirkung von Dr. J. R. Helmert, Professor in Aachen, und F. Lindemann, Regierungsgeometer in Lübben, herausgegeben von Dr. W. Jordan, Professor in Karlsruhe.

1890.

Heft 4.

Band IX.

Die letzten Richtungsverifikationen und der Durchschlag am grossen St. Gotthardtunnel.

Von O. Gelpke, Ingenieur.

(Schluss.)

Absteckung.

In der Nacht vom 11. 12. Januar nach 24stündiger Ventilation sollte zunächst auf dem ersten Pfeiler bei Profil 600 die Axrichtung vom Observatorium aus durch Einstellen der beleuchteten oberirdischen Richtungsmarke und Kippen des Fernrohrs in die Tunnelebene gegeben werden. Wir begaben uns deshalb einerseits mit dem auf zwei Rollwagen verladenen Inventar an diesen Punkt,*) während andererseits das Observatorium von Herrn Koppe und Herrn Seibert bezogen wurde. Als das Universalstativ mit der brennenden Lampe bei 600 aufgestellt war und die Einrichtungen vor sich gehen konnten, versagte die telegraphische Leitung, und erst gegen 12 Uhr konnte nach Verständigung mittelst Boten durch Nachfüllen der Batterien ein schwacher Strom, der zu sprechen erlaubt, erzielt werden. Unser Lampenlicht war aber nicht vom Observatorium aus sichtbar, während wir doch die vor dem Tunnelportal vorüberleitenden Lichter erblickten.

Durch verschiedene provisorische Aufstellungen auf Holzstativen bei 350, 400, 450 und 500 wurde constatirt, dass das Licht bei 500 noch sehr schwach unterscheidbar sei, weiter hinein aber eine starke vom Tunnelgewölbe herabhängende Dunst- und Rauchsicht die Visur verunmöglichte. Es wurde deshalb gegen 1^h 30^m beschlossen, unsere frostigen Stationen zu verlassen und im geheizten Tunnelbureau am Portal zur gemeinsamen Berathung zusammen zu kommen.

*) Ich war eben mit der Schlittenpost über den Berg von Göschenen her gekommen und schloss mich wieder dem Lampenposten an.

Zuvor wurde aber im Observatorium ein kräftiges Licht aufgestellt und ein Posten bei 600 zurückgelassen, der bei etwaigem Verziehen genannter Dunstschicht und Sichtbarwerden des Lichtes uns zurückrufen sollte. Wiewohl dies nicht geschah, bezog gegen 3 Uhr Morgens jeder Posten wieder seine Station, aber ohne bessern Erfolg als zuvor, so dass Morgens 5 Uhr die Arbeit ohne jegliches Resultat sistirt wurde.

Für diesen Fall war laut Instruction die Fortsetzung der Arbeiten erst auf die Nacht vom 12. auf den 13. Januar festgesetzt. Im Laufe des 12. wurden aber doch, wie schon erwähnt, die letzten 600 Meter bis vor Ort durch Herrn Schwagera abivellirt, während ich selbst mit Herrn Boley das Observatorium und die dortige Einrichtung und Instrumentaufstellung beaugenscheinigte. Die Bestimmung eines Portalpunctes, wie solche hier schon am 11. möglich und *indiciert* gewesen, unterblieb aber auch heute, und sollte sich schwer rächen, denn schon Nachmittags zeigten sich nach mehrwöchentlichem hellen und kaltem Wetter Nebel an den Bergen, die sich bis zur hochgelegenen oberirdischen Marke (dem Ausgangspuncte der Einstellungen) herabsenkten und deren Sichtbarkeit in Frage stellten.

Wie die Instruction vorschrieb, war den 12. Abends 6^h 30^m ein Jeder auf seinem Posten und bis 7 Uhr die telegraphische Verbindung im Gange. Unser Licht, das wiederum provisorisch auf Profil 500 aufgestellt und durch einen Reflector verstärkt worden, war gut sichtbar, aber die oberirdische Marke blieb im Nebel. Es konnte somit in Ermanglung eines Hilfspunctes am Portal keine Einrichtung erfolgen. Desshalb kam neuerdings Instrument- und Lampenposten in Gewärtigung einer Aufhellung des Wetters und zur Berathschlagung, was eventuell bei fortdauerndem Verdecktbleiben der Marke zu thun, im Tunnelbureau zusammen.

Nach 10 Uhr stieg der Nebel und wurde endlich die Marke sichtbar. Sofort wurden die Posten bezogen, doch auch jetzt noch ging die Sichtbarkeit unseres Lichtes vom Observatorium aus nicht weiter als 500^m. Die undurchdringliche Dunstschicht im Gewölbe senkte sich hier bis unter Kämpferhöhe herab und hinderte die Visur ab dem in seiner Höhenlage für den *Firstollen* berechneten Observatoriumspfeiler. *Unter* dieser Dunstschicht, stark auf 2^m Höhe, war der Tunnel *hell*.

Um diese hindernde Schicht zu zerstreuen, wurde versuchsweise ein Luftleitungshahn geöffnet und die ausströmende Luft in diese eingeleitet. Wirklich verminderte sich der Dunst und stieg etwas höher, so dass wir die Genugthuung hatten, das Licht im Observatorium zuerst 40, dann 30 und 20 Centimeter unter der Pfeilerhöhe deutlich sehen zu können, nicht aber in der Pfeilerhöhe selbst. Diese Wirkung der ausströmenden comprimirt Luft ist in diesem Falle wohl begreiflich. Auf die ersten 1000 Meter hatte sich nämlich im untern Tunnelsegment ein einströmender, der Jahreszeit entsprechender kalter Luftstrom gebildet, während

darüber weg im obern Segment der heisse mit Wasserdämpfen geschwängerte Luftstrom aus dem Tunnelinnern auswärts strömte. Es mussten sich desshalb an den Contactflächen und beim Durchdringen dieser beiden Ströme Abkühlungen und somit starke Condensationen (Nebel- und Dunstbildungen) ergeben. Die aus dem geöffneten Luftbahn ausströmende comprimirt Luft war dagegen wesentlich wärmer als die von aussen zuströmende Luft und deshalb konnte sie einen Theil der Condensationen wiederum auflösen und die Sichtbarkeit in der angegebenen Weise ermöglichen. Es ist leicht einzusehen, dass in wärmerer Jahreszeit oder weiter rückwärts im Tunnel dies Verhältniss gerade ein umgekehrtes mit entgegen gesetztem Erfolge werden muss.

Weiter aber als bis 20 Centimeter unter Pfeilerhöhe ging die erreichte Sichtbarkeit noch nicht, zudem war die oberirdische Marke ab und zu wieder in Nebel gehüllt. Um nun einmal ein Ende zu machen, brachte die Locomotive auf unser Geheiss einige Gewölbesteine in den Tunnel und es wurde 30^m vor dem festen Pfeiler mittelst derselben ein entsprechend niedriger provisorischer Pfeiler erstellt. Als dieser fertig und die Lampe darauf sichtbar geworden, war der Dunst nach unterdessen fortgesetzter vermehrter Ventilation noch etwas höher gestiegen und nun auch die Lampe auf dem festen Pfeiler bei 600 erkenntlich, somit der provisorische Pfeiler wieder überflüssig. Nichts destoweniger gab es auch jetzt noch einen längern Aufenthalt, indem der Wächter bei der oberirdischen lange verdeckt gewesenen Lampe seinen Posten verlassen hatte und erst wieder ein anderer ortskundiger Gehülfe mit Licht hinaufgeschickt werden musste. Endlich gegen 4 Uhr Morgens war Alles in Ordnung und erfolgte die Einrichtung der Lampe auf Pfeiler 600 in 4 Sätzen. Das Mitt el derselben fiel 6,1^m gegen Osten von alter Marke.

Da am Tage noch eine weitere *directe* Visur in den Tunnel hinein, vielleicht bis Profil 933 undenkbar war, auch nicht im Hinblick auf die bereits nutzlos verstrichene Zeit und den höchst unsichern Erfolg ein dritter Tag mit Zuwartem geopfert werden durfte, so sollte der ablösende Tagesposten das kleine Instrument auf 600 aufstellen und mit der Verlängerung der Linie beginnen, unbeschadet einer spätern directen Controle vom Observatorium aus. Als Rückwärtsvisur hatte das Licht im Observatorium selbst zu dienen. Da es unterdessen aber Tag geworden, konnte solches nicht mehr erkannt werden und alle Mittel, es durch eine andere Signalisirung zu ersetzen, verfielen in keiner Weise. Was nun anfangen, da kein weiterer Einstellungspunct rückwärts vorhanden? Es blieb nichts Anderes übrig als auszufahren, einen provisorischen Pfeiler circa 100^m innerhalb des Portals zu errichten und die Ausrichtung erst wieder auf diesem vom Observatorium aus während des Tages zu bestimmen. Dies geschah durch die Herren Dress und Zeller in 2 schön übereinstimmenden Sätzen.

Es liegt nun auf der Hand, dass diese Bestimmung eines

Portalpuncts schon längst in *zahlreichen Tag- und Nachtbestimmungen* hätte geschehen können, jedenfalls am ersten Tage der Arbeitseinstellung nachzuholen gewesen wäre, um für den Fall der Unsichtbarkeit der oberirdischen Marke oder Beeinträchtigung der Rückwärtsvisur bis zum Observatorium in die Lücke zu treten. Bei anhaltendem Nebel hätte ja diese Unterlassung die *ganze Absteckung in Frage gestellt*. Zudem wäre das Einstellen einer innerhalb des Tunnels *sorgfältig* und mehrfach abgeleiteten Marke und Verlängerung der Richtung auf *diese* (ohne Kippen des Fernrohrs also) jedenfalls noch genauer ausgefallen als das Einstellen der Marke am Berge und Kippen des Fernrohrs in die Tunnelebene und nunmehrige Angabe von Puncten weiter in den Tunnel hinein. Auch vom rein technischen Standpunct aus war es unstatthaft, eine Rückwärtsvisur von 1000 und mehr Meter zu haben,*) während die Vorwärtsvisur beim Gebrauch des Verlängerungsinstrumentes auf 333^m berechnet war. Diese Differenz in der Visurenlänge hätte während der Operation der Rückwärts- und Vorwärtsvisur eine jedesmalige Verschiebung des Oculars bedingt, was immer, insbesondere aber bei einer solchen Präzisionsarbeit durchaus verwerflich ist. Hätte man allerdings *vom Observatorium aus* mehrere Pfeiler bestimmen können, so wäre dieser Fall nicht eingetreten, doch durfte man sich eben nicht darauf verlassen, sondern musste die ungünstigere Conjunction ins Auge fassen und vorbereiten.

Dieselben Herren stellten nun auf ihrem eben gegebenen Portalpunct das kleine Passageninstrument auf und bestimmten mittelst Rückvisur aufs Observatorium, Durchschlagen des Fernrohrs und Vorwärtsvisur neuerdings die Tunnelrichtung auf Pfeiler 600 in mehreren Sätzen. Der neue Punct fiel 11^{mm} östlich vom direct gegebenen. Laut den Protocollen der frühern Absteckungen fiel diese zweite indirecte Bestimmung mit der 1876er zusammen, während die 1877er, 1878er, 1879er und die directe Bestimmung von 1880 zusammen eine Gruppe einander sehr nahe liegender Striche bildete.

Bei der nun folgenden Ablösung bestand Herr Dr. Koppe, der wie in Göschenen so auch hier von der Gotthardgesellschaft special zur Ausführung der Absteckung vom Observatorium aus beigezogen und zur richtigen Vorbereitung dieser Aufgabe schon einige Tage zuvor eingetroffen war, im Hinblick auf die auffallend grosse Differenz zwischen *seiner directen Bestimmung* und der indirecten durch den Tagposten *darauf, seinerseits* diese Bestimmung nochmals vorzunehmen und zwar, da die directe Visur durch Dunst und Nebel *wieder* gehindert war, ebenfalls unter Zuhülfenahme des Zwischenpunctes am Portal. Dies geschah in je 2 Sätzen. Die dabei erzielte Differenz auf Pfeiler 600 war im Sinne seiner ersten directen Angabe, und es wurde nun das Mittel aus *seiner* directen und indirecten Bestimmung für die weitere Verlängerung definitiv

*) Das Observatorium liegt bekanntlich 400 Meter rückwärts vom Portal.

festgehalten und diese Verlängerung noch bis und mit Profil 1267 in derselben Nacht programmässig ausgedehnt.

Es ist hier der Ort, mich darüber zu äussern, wie es kommen konnte, dass nach 84ständiger Einstellung der Arbeiten und fortwährender Ventilation die Absteckung noch nicht weiter gediehen war, als bis zu genanntem Profil, noch dazu mit der verschlechternden Beigabe einer dreifacher Instrumentumstellung.

Die bisherigen Absteckungen, speciell auch die kurz vorher in Göschenen stattgefunden, hatten zur Evidenz gezeigt, dass trotz anhaltender und ausreichender Ventilation im *Gewölbe* der ersten 2000^m fertigen Tunnels und nur in diesem eine Dunst- und Nebelschicht constant hängen bleibe, einerseits als Folge der Adhäsion und der ungenügenden vis a tergo zum Vorwärtstreiben, andererseits als Wirkung der durch den unten einströmenden kältern Luftzug erzeugten Condensation von Wasserdämpfen. Diese Beobachtungen *mussten*, will es mir scheinen, dahin führen, die Visurlinie *nicht* wie bisher *durchs Tunnelgewölbe*, sondern etwas tiefer durch das *dunstfreie untere Tunnelsegment* zu nehmen. In Göschenen hatte dies seine Schwierigkeit, indem dort nicht nur das Observatorium, sondern auch die unveränderlich gegebenen zwei Visirstollen mit ihrem *kleinen* Querschnitt in *Fürststollenhöhe* lagen und eine wirksame Tieferlegung der Visurlinie vom bestehenden Observatorium aus verunmöglichten. Anders in Airola. Dort lag durchaus kein mechanisches Hinderniss für eine tiefere Aufstellung des Passageninstrumentes vor, im Gegentheil, dieselbe war so zu sagen schon vorbereitet, indem unmittelbar vor dem Observatorium 2—3^m tiefer ein fester trigonometrischer Pfeiler (mein sogenannter Fixpunct Airola neu) schon existirte. Es hätte sich also nur darum gehandelt, diesen Pfeiler vielleicht noch ein Minimum aufzumaern, ferner sein Centrum darauf zu prüfen, ob es genau in der Verticalebene der Tunnelrichtung liege, eventuell diese Richtung darauf anzugeben, was höchst einfach gewesen, und nach Westen zu (Bedrettothal) eine Holzwand zum Schutz des Instrumentes und Beobachters gegen etwaigen Windzug aufzurichten oder ein leichtes provisorisches Bretterhüttchen darüber zu erstellen.

Es ist unbegreiflich, dass der ausführende Techniker nicht von vorne herein diese Nothwendigkeit eingesehen, sondern erst in der vierten Nacht angesichts des bisherigen kläglichen Erfolgs auf diesen Gedanken kam, zu einer Zeit also, da seine Ausführung das Verlorene nicht mehr einbringen, sondern nur neue Verzögerungen mit sich führen musste, überhaupt das Gelingen in Folge der umgeschlagenen windig gewordenen Witterung und Schneetreibens in Frage gestellt war. Den Technikern bei der Lampe vorwärts hatte ich gleich nach meiner Ankunft in der ersten Nacht diesen Ausweg genannt.

Unterdessen waren die Verlängerungen im Tunnel immer von 333 zu 333^m fortschreitend in der folgenden Tagschicht (14. Januar) bis zu Profil 3267 vorgerückt. Von hier ab standen die Pfeiler

vorwärts in doppelter Entfernung. Um daher den nächsten Axepunct bei 3900 ohne Ocularverschiebung geben zu können, hätte die Rückvisur bis 2600 genommen werden sollen, was wahrscheinlich auch geschehen ist. Entsprechend der immer günstigeren Luftbeschaffenheit konnten die folgenden Nachtschichtler alle restirenden Pfeiler bis Profil 6300 bestimmen, wiewohl dies die heisseste Parthie des Tunnels war und kleinere Versäumnisse auch hier nicht ausblieben. So musste der Pfeiler bei 4500 erst erhöht werden, der Telegraph functionirte mangelhaft und schwach in Folge ungenügender Isolirung. Der Pfeiler bei 5700 stand zwischen den Schienen. Der Rollwagen des Lampenpostens mit dem Inventar konnte daher nicht vorbei und stand nun in der Visur. Er musste daher abgeladen und bis zur nächsten Ausweichstelle zurückgeschoben werden. Ebenso beim weitem Verrücken der Rollwagen des Instrumentpostens (Herren Seibert und Isaak), dem ich mich für diese Nacht angeschlossen hatte.

Die gleiche Calamität wiederholte sich bei 6300, doch standen hinter den Pfeilern leere Rollwagen zur Aufnahme des Gepäcks schon bereit. — Die Zahl der Sätze und Differenz der Serienmittel bei Bestimmung der einzelnen Pfeiler, sowie die Abstände gegen die frühern Absteckungen folgen in einer besondern Tabelle. Der nun einfahrende und die Absteckung beendende Tagposten (15. Januar) hatte demnach nur auf dem bereits bestimmten letzten Pfeiler bei 6300 aufzustellen und ohne Veränderung seines Standortes mit Hilfe der Stativ vier Punkte vorwärts zu geben. Nichts destoweniger verzögerte sich die Beendigung der Arbeit noch bis Nachmittags gegen 3 $\frac{1}{2}$ Uhr, die Zeit des Ausfahrens mitgerechnet, bis gegen 6 Uhr Abends.

Am selben Nachmittage (15. Januar) wurde noch einmal der Portalpunct vom Observatorium aus gegeben und ein Mittelwerth zwischen den vorhergehenden stark divergirenden Tag und Nachtbestimmungen gefunden.

Ich lasse nun hier zunächst die angekündigte schematische Zusammenstellung der Resultate folgen:

(Tabelle siehe Seite 155.)

Aus dieser Zusammenstellung ergibt sich, dass die diesjährige Axe die vorjährige dreimal kreuzt und zwar zwischen Profil 1267 und 1600, ferner zwischen Profil 3267 und 3900 und schliesslich in der provisorischen Verlängerung vor Ort zwischen 6300 und 6700.

Die Verlängerungen im Tunnel, denen ich meist persönlich beigewohnt habe, erfolgten mit ungemeiner Präcision und Genauigkeit, der Collimationsfehler des Instrumentes war fast gänzlich gehoben, die Beobachtungsfehler minime, so dass die einzelnen Einstellungen äusserst wenig unter sich divergirten, wie es auch die verschwindend kleinen Differenzen der Serienmittel in dem Schema von S. 155 deutlich zeigt.

Profile der genau bestimmten Marken.	Visuren-zahl.	Differenz der Serienmittel.	Abstand der neuen Marke von der 1879er.	Bemerkungen.
Meter.		Millimeter.	Meter.	
100	8	2,4	—	prov. neuer Pfeiler gegen Osten.
600	16 u. 8	5,4	0,004	" "
933	12	(2,1 2,3)	0,005	" "
1267	8	1,1	0,004	" "
1600	8	1,3	0,004	gegen Westen.
1933	8	0,5	0,011	" "
2267	8	2,0	0,017	" "
2600	12	2,0	0,020	" "
2933	20	(+1,4 -1,6 +0,3)	0,019	Die dritte Rubrik gibt die Abstände der einzeln. Serienmittel nach links und rechts vom Gesammtmittel.
3267	8	0,1	0,002	gegen Westen.
3900	8	0,6		Alte Marke fehlt.
4500	12	(1,0 2,4 3,4)	0,036	gegen Osten.
5109	8	0,5	0,047	" "
5700	12	(1,1 3,2 4,3)	0,070	" "
6300	8	0,5	0,054	" "
6700	4		0,012	gegen Westen.
6800	12	1,7	Neue Marken	" "
6900	12	1,0	"	" "
7000	8	1,0	"	" "

In der Verlängerung der Axe durch die Stationirung im Tunnel liegt deshalb nach meiner festen Ueberzeugung bei der diesmaligen Absteckung kein Fehler, der irgend Bedenken erregen könnte. Die soliden Steinpfeiler zur Aufstellung des Instruments, das stabile Universalstativ mit seiner raschen und sichern Uebertragung der Centrirung von Lampe auf Instrument und vice versa, das scharf justirte und diesmal in der hohen Temperatur viel constantere kleine Passageninstrument, die Ruhe, Sicherheit und Ausdauer des technischen Personals im Tunnel bieten mir volle Gewähr hierfür.

Um so unerklärlicher bleibt die anfänglich erhaltene grössere Differenz bei 100 und 600^m. Trotz Elimination der Tagebeobachtung bleibt die Differenz der Serienmittel hier immer noch die grösste: nämlich 5^{mm}. Wenn wir aber bedenken, dass die grösst-

erhaltene Abweichung gegen anno 1879 und frühere Jahre in der *elimirten Tagbeobachtung* $6 + 11 = 17^{\text{mm}}$ nach Ost betrug und dass die Entfernung zwischen Observatorium und diesem ersten Pfeiler 1000^{m} ausmacht, so würde — angenommen, dass dieser Ausgangspunct bei 600^{m} mit diesem grössten Fehler wirklich behaftet wäre und dass sich dieser Fehler bei der Verlängerung immer im gleichen Sinne vergrössere — bei Profil 7000^{m} , also vor Ort die Differenz erst $7 \times 17 = 0,119^{\text{m}}$ betragen. Sollten nun alle die kleinen unvermeidlichen Fehler, die in der Verlängerung selbst liegen, wiederum alle im gleichen Sinne wirken, so würde — die 1879^{er} Absteckung als fehlerlos angenommen — selbst bei Addition aller obigen Abstände der Fehler beim letzten vergleichbaren Profil einen Zuwachs von nur $0,289^{\text{m}}$ erhalten können, was noch nicht erschreckend wäre. Es ist nun aber 1 gegen 100 zu weit und wird durch obiges Schema *erhärtert*, dass die letztern Fehler nach rechts und links fallen und sich deshalb zum grössten Theil aufheben werden. Zudem ist für den Ausgangspunct nicht die extremste Bestimmung, sondern ein Mittelwerth von nur 4^{mm} Abstand angenommen worden.

Wenn daher auch die directe Visur in den Tunnel hinein eine *unerhältnissmässig kurze und nicht zu scharfe* ist, so kann man doch bei der im Tunnel selbst eingehaltenen Präcision der Arbeiten über das Resultat der Absteckung und die Gewissheit des richtigen Durchschlags wohl beruhigt sein.

Ich schliesse meine kritische Beschreibung der letzten Tunnelverification in Göschenen und Airolo mit dem Hinweise, dass es bei berechtigtem Zweifel über die Genauigkeit des Durchschlags ein Mittel gibt, denselben bei einer muthmasslichen Distanz der Gegenörter von etwa 30^{m} nochmals zu prüfen, sowohl auf Declination, als Inclination und Abstand. Es besteht dies in der Anwendung eines kräftigen Magneten einerseits und einer aufgehängten astatisch zu machenden Magnetsadel andererseits, da bekanntlich die magnetische Kraft auch durch feste Gesteinsmittel hindurch wirkt.

Die in dieser Weise am Harze beim Ernst-August-Stollenbetrieb mit einem natürlichen Magneten von 1 Ctr. Gewicht geprüften und fixirten Durchschläge geschahen auf 12 und 20 Meter Distanz und stimmten mit den geometrischen Erhebungen nach erfolgtem Durchschlag glänzend überein. Im Gotthardtunnel könnten nach Entfernung des Bohrgestells ohne weitere Umstände noch viel kräftigere Magnete angewandt werden, da die Gesellschaft im Besitz einer Telegraphenleitung steht und bekanntlich jeder gewöhnliche Eisenkern von beliebigem Gewichte, sofern er mit Drath umwickelt wird, beim Durchgehen des Stroms durch diesen Drath zum kräftigsten Magneten wird, auf welchem Principe ja auch die Morsé'schen Tasterapparate beruhen.

Auch die gegenseitige Verständigung von Ort zu Ort, soweit sie nicht durch conventionelle Zeichen mittelst Hammerschlägen

an die Stollenbrust erfolgen soll, böte am Gotthard keine Schwierigkeit, da die bestehenden und bis vor Ort zu verlängern den telegraphischen Leitungen des Tunnels leicht in Airolo und Göschenen mit dem eidgenössischen Drath verbunden und so von Ort zu Ort über den Berg weg gesprochen werden könnte.

Ich erwähnte dieser Methode hier etwas ausführlicher nur für den Fall, dass man bei der berechneten Länge von 14920^{m} noch nicht zum Durchschlage gekommen sein sollte, man sich also vom Stande des Gegenortes zu überzeugen wirklichen Anlass hätte, oder für den Fall, dass man zur Vermeidung von Unglücksfällen durch zu lang fortgesetztes beidseitiges Sprengen sich von der Dicke des zwischenliegenden Gesteinsmittels auf eine directe Weise Rechenschaft geben wollte.

Dass man sich jetzt schon bei über 300^{m} Abstand gegenseitig hört und in welcher Weise, davon wollte ich mich am Abend des 13. mit Herrn Sectionsvorstand Boley persönlich überzeugen, doch ohne Erfolg trotz längern Zuwartens. Wie die nachherige Drathmittheilung bekundete, waren eben die Schüsse etwas früher kurz vor unserm Eintreffen vor Ort gelöst worden. Doch scheint das Factum nach den Mittheilungen der Unternehmung und den Beobachtungen des vor Ort nivellirenden Herrn Schwageras keinem Zweifel mehr zu unterliegen. Bei meiner Anwesenheit in Göschenen, October 1879, hatte ich meinerseits, auf persönliche Erfahrungen gestützt, davon gesprochen, dass eine Schallvermittlung bei homogenem Gesteinsmittel bald möglich sein dürfte, ohne aber Glauben zu finden.

Dem nächst erfolgenden Durchschlag, der alle Zweifel und offenen Fragen lösen wird, soll ein letztes Capital gewidmet werden.*)

Wie aus den Zeitungen zur Genüge ersichtlich, war die Sonde, also der der Bohrung vorausseilende 3^{m} lange Bohrmeissel schon am 28. Februar 1880 Abends $6^{\text{h}} 45^{\text{m}}$ von der Airoler Seite aus nach dem Göschener Orte um einige Centimeter durchgedrungen, während noch ein Zwischenmittel von 10 Meter vermuthet wurde. Es hätte diese unerwartete Nähe der beiden Richtörter leicht zu einem grossen Unglück führen können, indem Herr Chef-Ingenieur Stockalper mit noch einem Herrn auf Göschener Seite hart am Anfang stand, als auf Airoler Seite die letzten Minen abgefeuert worden waren. Die Erschütterung war auch eine so gewaltige gewesen, dass sie die Herren unwillkürlich zum Rückzug zwang.

Diese Abweichung der direct gemessenen Länge von der berechneten um 7^{m} in minus ist nach meiner Ansicht, sofern nicht durch eine besonders sorgfältige Nachmessung im fertigen Tunnel das Gegenheil bewiesen werden kann, erstlich auf das Normalmaass

*) Die Mittheilungen bis hieher sind vor dem Durchschlag, das Folgende nach demselben eingesendet. D. Red.

zurückzuführen, mit welchem Messstangen und Messband vor und nach der Operation der Längenmessung geprüft worden sind. Sicherlich lässt dieses zu wünschen übrig und sollte deshalb auf der eidgenössischen Eichstätte mit dem schweizerischen Urmeter verglichen werden, um so mehr, als ich meinen eigens für die Basismessung bei Andermatt construirten Apparat vor und nach der Basismessung in dieser Weise controlirt und die erhaltene Differenz für die Basislänge und die daraus abgeleitete Tunnellänge in Rechnung gebracht hatte.

Diese Vergleichung wird dieser Tage nun vorgenommen.

¹⁰⁰⁰ Fehler in einem Längenmaass von 5^m würde den Tunnel bereits um 3^m verlängern oder verkürzen. Zweitens ist die Entfernung der später erstellten Observatorien von einander durch Herrn Koppe aus *meiner* Triangulation abgeleitet worden, aber ohne die Reduction von der Höhe von Andermatt auf die Tunnelsohle bei Göschenen anzubringen. Allerdings würde dieselbe nur 0,75^m in minus betragen haben und drittens ist die Abweichung, und das ist der wichtigste Punct, überhaupt auf die Ungenauigkeit einer solchen directen Messung von 15000 Meter Länge mit Stangen und Messband zurückzuführen, besonders bei so erschwerenden Nebenumständen und solchen Temperaturunterschieden, wie sie am Gotthardtunnel vorkommen. Ein theilweises Schwimmen der Latten, eine Ausbauchung etc. sind da wohl denkbar. Ein grober Messungsfehler, z. B. das Nichtzählen einer Messlatte, ist kaum anzunehmen, da die Unternehmung sich schwerlich 5^m Tunnel aus Versehen hätte escamotiren lassen.

Der eigentliche Durchschlag, d. h. das Ausschlagen einer hinlänglich grossen Oeffnung, um eine beliebige Person durchkriechen zu lassen, erfolgte den 29. Februar 11 Uhr Morgens in Gegenwart des beidseitigen technischen Personals der Unternehmung und Gesellschaft, der Gotthardinspectoren etc. Die näheren Details hierüber, sowie über die feierliche Vertheilung der Medaillen auf Göschener Seite gehören nicht in die Grenzen dieses Berichts. Dem äusseren Anscheine nach war der Durchschlag in Höhenlage und Richtung genau. Als derselbe im Laufe des folgenden Tages auf das volle Profil ausgeweitet und das Schienengeleise eingelegt worden, wäre die Durchschlagsstelle kaum mehr zu erkennen gewesen, wenn nicht das Firststollenprofil auf Airoler Seite etwas Weniges breiter wäre, als auf der Göschener Seite, was durch einen kleinen Absatz an den Stollenwangen erkenntlich war. Circa 8 bis 10 Tage vor erfolgtem Durchschlag war bei halbtägiger Einstellung der Arbeiten auf der Nordseite die Tunnelaxe noch mit dem Instrumente bis nahe vor Ort verlängert worden. Aus der grossen Verification vom October 1879 resultirten als letztgegebene Fixpuncte die Firstklammern bei Profil 7200 und 7380. Unter den erstern hatte man die Lampe rückwärts, unter den letztern das Instrument aufgestellt und von diesem Standpunct aus neue Fixpuncte an den Firstklammern bei Profil 7600, 7650 und 7680 gegeben. Der Durchschlag

erfolgte bei Profil 7744,7 von Göschenen aus — nach Messung — jedoch, also nur 65^m vom letztgegebenen Puncte entfernt.

Um nun den Durchschlag auf seine geometrische Genauigkeit zu prüfen, wäre es sehr indicirt gewesen, diese Verification vor dem Banket in Airolo vorzunehmen, weil zu dieser Zeit die Arbeiten starken Verkehrs *durch* den Tunnel konnte diesem Wunsch im Laufe des 2. aber nicht entsprochen werden und für die Nacht vom 2. auf den 3. war das Personal der Sectionen leicht begreiflicher Weise zu wenig disponirt, um sich dieser Arbeit zu unterziehen. So kam es, dass nach erfolgter Rückkehr von Airolo im Laufe des 4. und Treffens der benöthigten Vorbereitungen am 5. diese Verification erst am 6. Morgens bei ununterbrochenem Fortgang der Arbeiten von Göschener Seite aus vorgenommen werden musste.

Nivellement.

Vor dem Durchschlag war das Nivellement auf der Nordseite bis zum Profil 7720^m fortgeführt worden und hatte hier die Meereshöhe von 1157,36^m ergeben, auf der Südseite bis zum Profil 7100, vom Portal Airolo ab gezählt, mit der Höhe 1157,44^m. Das Zusammentreffen der Sohlen wäre demnach bei gleichnüssigem Fortsteigen auf das Profil 7526 ab Göschenen gefallen.

Nach erfolgtem Durchschlage bei 7745^m waren einfach die letzte einivellirten sichersten Fixpuncte der einen Gallerie mit der Gegengallerie durch ein Nivellement verbunden und aus der Meereshöhe des Ausgangspunctes die Meereshöhe des Schlusspunctes zu rechnen, welche letztere Quote dann mit der zuvor vom andern Portal her gefundenen übereinstimmen oder um so und so viel differiren musste, welche Differenz den Fehler des Nivellements repräsentirt.

Dies geschah in folgender Weise, ausgehend vom Profil 7580

Göschenen:	Neue Quote.	Frühere Quote.	Differenz.
Profil.		1158,705	
7580 ab Göschenen gezählt			
7680 >	> 1159,095	1159,095	0,0
7103 ab Airolo gezählt	1159,726	1159,676	— 0,05
7147 >	> 1159,782	1159,732	— 0,05

(Die Ausgangspuncte waren Firstklammern, Westl. Ende, die Abschlusspuncte Firstpflocke.)

Man ersieht daraus, dass das Nivellement nur um 5^{mm} differirt, um welchen Betrag das Göschener Ort höher lag, als das Airoler.

Es ist vielleicht Erinnerlich, dass ich seiner Zeit den Airoleser Signalstein um 0,098^m höher fand, als die Angabe des später effectuirten Präcisionsnivellements lautet. Das erhaltene Durchschlagsresultat liegt also in der Mitte.

Leider können wir für die Durchschlagsrichtung nicht ein so brillantes Ergebniss wie das obige für die Höhenlage verzeichnen.

Richtung.

Bei der letzten grossen Verification der Tunnelaxe auf der Südseite (Januar 1880) waren laut meinem Berichte noch die Firstklammern bei Profil 6800, 6900 und 7000 fixirt worden. Da auch, wie oben besprochen, von Göschener Seite die Linie bis nahe vor Ort verlängert worden, so war die Vergleichung in *eigenen* Grenzen möglich, aber durchaus nicht ratsam. Unter dem Druck der Verhältnisse lautete aber dennoch das Programm: Aufstellen der Lampe rückwärts unter 6800 Airolò. Instrument bei 7000 Airolò und Bestimmen des Profils 7650 Göschenen; ferner Aufstellen des Instruments bei 7650 Göschenen, Lampe rückwärts bei 7000 Airolò und Bestimmen des Profils bei 7400 Göschenen. Da 7400 und 7650 schon in der erwähnten Verlängerung bestimmt worden waren, gewann man so eine doppelte Vergleichung. Wegen der schlechten Luftbeschaffenheit war aber nicht einmal dieses bescheidene Programm durchführbar.

Der sich in der *eigenen Section* des Firststollens gleich nach dem Durchschlag erzeugende Luftstrom führte den ganzen Dampf und Rauch von Göschener Seite uns anfänglich zu, dann blieb die Luftsäule eine Zeit lang ohne merkliche Bewegung, um dann plötzlich umzudrehen und den schon vorbeigezogenen Rauch, vermehrt um den Zuwachs von Airoler Seite in umgekehrter Richtung an uns vorbeizuführen und eine längere Visur gänzlich zu verunmöglichen.

Die Lampe rückwärts kam daher auf 6900 Airolò, das Instrument auf 7000 Airolò und die Lampe vorwärts auf die Durchschlagsstelle bei 7745 Göschenen, also etwa 168^m vorwärts zu stehen und hier wurde ein neuer Fixpunct in zwei Serien, die auf $\frac{1}{10}$ ^{ma} übereinstimmen, mittelst der Stativ gegeben und provisorisch auf die Sohle übertragen. Hierauf versuchte man vorzurücken, indem Lampe rückwärts an Stelle des Instruments bei 7000 Airolò kam, das Instrument auf den eben bestimmten Durchschlagspunct und Lampe vorwärts auf das Profil 7600 Göschenen kam. Dieses trug also schon einen Fixpunct und ermöglichte somit eine Vergleichung. Aber auch dieses Vorhaben musste des Rauches wegen aufgegeben werden. Da in diesem Moment gegen Göschenen zu die Sichtbarkeit sich etwas verbesserte, so griff man die Bestimmung umgekehrt an. Die bereits aufgestellte Lampe vorwärts bei 7600 Göschenen wurde als Lampe rückwärts betrachtet und von dem in der kürzlichen provisorischen Verlängerung erhaltenen Feilenstrich der Firstklammer eingesenkt. Das Instrument kam auf 7680 Göschenen und wurde ebenfalls von dem aus der Verlängerung herrührenden letzten Fixpunct eingesenkt und als vorwärts wurde der eben von Airolò her bestimmte Durchschlagspunct bei 7745 eingerichtet. Nur drei Einstellungen, also nicht einmal eine volle Serie gelang uns hier, dann nahm uns der Rauch *jede* Fernsicht. Das hiermit flüchtig erhaschte Resultat war 49^{cm}, um welches das Airoler Ort östlicher lag, als das Göschener Ort.

Ich gestehe offen, dass dies unerwartet ungünstige Resultat mich und auch Herrn Koppe stutzig machte und wir uns wirklich fragen, ob nicht ein grober Irrthum bezüglich der Klammern vorliege, constatiren konnten wir solches nicht, da wir nun schon 12 Stunden im Tunnel gewesen und völlig erschöpft waren, die Luftbeschaffenheit zudem nicht ungünstiger sein konnte und eine Weiterarbeit verunmöglichte. Nach dem Richtstollen selbst und der Sonde zu urtheilen hätte die Abweichung etwa 30^{cm} in gleichem Sinne betragen können, desshalb auch unser Bedenken.

Ob die Verification nun nochmals vorgenommen werden soll, und dann nicht zwischen provisorischen Verlängerungspuncten, sondern zwischen den verglichenen Schlusspuncten der letzten grossen Absteckungen, also zwischen Profil 6400 Göschenen und Profil 6300 Airolò, wobei aber eine 36stündige Sistirung der Arbeiten wenigstens auf der Seite, von der der Luftzug käme, *unbedingt* voranzukehren wäre, weiss ich natürlich nicht, im Wunsch aller Betheiligten und im Interesse eines sichern und verwerthbaren geometrischen Endresultats läge sie natürlich. Seither ist von der Section Göschenen ohne mein Beisein der Durchschlag wirklich nochmals zwischen Profil 7600 Göschenen und 6900 Airolò auf seine Genauigkeit geprüft worden, wobei nur 33^{cm} Abweichung constatirt wurden.

Bei diesen immerhin ungenügenden Erhebungen wäre es zwecklos, über diese Differenz und ihre Ursachen sich *weilkäufig* zu ergehen. Zu untersuchen wäre aber jedenfalls, ob die Verschiebung des einen Richtstollens gegen den andern eine parallele sei oder ob sich beide unter einem bestimmten Winkel schneiden.

Doch da die Abweichung immerhin gegen 0,25—0,30^m betragen wird, so verweise auf den Anfang dieser Mittheilungen, wo ich ausdrücklich sagte, dass eine weiter getriebene Annäherung an die Genauigkeit im Richtungswinkel als 5 Sekunden wohl wissenschaftlich interessant, aber practisch völlig werthlos, illusorisch sei, indem in der Art und Weise der Verwerthung des Rechnungsergebnisses, also in der wirklichen Richtungsangabe und Richtungsverlängerung weit grössere Fehlerquellen liegen, als in der Unsicherheit einiger Sekunden im Richtungswinkel. Nur Herr Culmann unterstützte seiner Zeit diese Ansicht.

Da 1" Fehler im Richtungswinkel in der Tunnelmitte eine seitliche Verschiebung von 0,033^m ausmacht, so entspräche der gefundene Abstand von 33^{cm} einem einseitigen Winkelfehler von 9", was unter allen Umständen als unmöglich bezeichnet werden darf, wesshalb die Abweichung aber auf ganz andere zufällige Ursachen zurückzuführen ist. Einige derselben liegen z. B. in seitlicher Refraction, wie sie durch die Visirstollen in Göschenen, die Wasserzuströme in Airolò und sich condensirende Wasserdämpfe (Nebelbildungen) unzweifelhaft erzeugt worden sind; dann in der kurzen directen Visur vom Observatorium aus und in den zahlreichen Zwischenstationen und Uebertragungen, die eben so viele kleine Fehlerquellen bedeuten aber immerhin erklären diese Um-

stände die Grösse der Abweichung nicht genügend und ist jedenfalls der Speculation noch ein weites Thor geöffnet, ehe eine ausreichende Erklärung spruchreif geworden.

Zur Begründung meiner Anforderung, dass eine nochmalige Untersuchung zwischen den Profilen 6400 Göschenen und 6300 Airola stattfinden müsse, erinnere ich daran, dass die letzte Absteckung in Airola zwischen Profil 6300 und 6700 eine Differenz von 0,166^m gegen die vorherige ergeben hat, also eine sonst nirgends, selbst bei doppelter und dreifacher Entfernung vorkommende Abweichung, die selbstverständlich ohne nochmalige Untersuchung nicht in ein Endergebniss übergehen sollten.

Dass sich im engen Stollenquerschnitt ein schon mehrmals wechselnder Luftzug erzeugt hat, habe ich bereits erwähnt. Meistens wird er nach Airola zu seine Richtung nehmen, wie es der stärkere Luftdruck in Göschenen und der meist höhere Thermometerstand in Airola natürlich erscheinen lassen, aber, wie gesagt, Ausnahmen, besonders durch starken Wind, speciell Föhn, erzeugt, haben sich jetzt schon gezeigt.

Im grossen Tunnelquerschnitt ist der Luftzug zur Zeit noch nicht sehr bemerklich. Wiewohl die Temperatur unverändert geblieben, und es wird Monate, ja Jahre dauern, bis die Ofenröhre von 15 Kilometer Länge sich um einige Grade abkühlt, so verspürt man doch durch den Luftzug selbst im engen Firststollen eine etwelche Erleichterung gegen früher. Hingegen werden die Arbeiter auf Airoleseer Seite von Rauch und Dampf mehr zu leiden haben als früher, da sie auch noch das Contingent von der Nordseite her zu dem ihrigen erhalten. Einem Abschluss in Mitten des Tunnels wird daher hiedurch wohl gerathen werden.

Von einigem Interesse dürfte noch der kurze Hinweis sein, dass bei Verwerthung des aus meiner ersten Triangulation (nach der Repetitionsmethode) hervorgegangenen Richtungswinkels zur Fixirung der Marken die Differenz im Durchschlag sich nach Koppe's Berechnung gleich geblieben wäre, indem meine Linie beidseitig um 2'' östlicher gelegen, also parallel der jetzigen verlaufen wäre, nach meiner eigenen Berechnung aber die Differenz verkleinert hätte. Mag nun die eine oder andere Berechnung den Vorzug verdienen, so besteht das Resultat, dass für die erste Richtungs-, Längen-, Höhen- und Schachtbestimmung inclusive aller Vorarbeiten circa 2¹/₄—3 Monate, für die zweite reine Axbestimmung fast eben so viele Jahre verwandt wurden, ohne das Tunnelazimuth mehr als um 4₁₀ Secunden zu verändern.

Zum Schlusse sei mir noch gestattet, zu zeigen, wie die Ver- gleichung beider Triangulationen vor sich gegangen.

Auf der Nordseite wurde das neue Observatorium durch mich selbst mit zweien meiner Signale durch directe Messung aller Winkel in Verbindung gesetzt, auf der Südseite geschah dies durch Herrn Koppe in gleicher Weise, wenn ich nicht irre unter Schluss des einen Winkels.

Wir erhielten folgende Werthe:

Observatorium Airola. Observatorium Göschenen.
 Gelpke $y = -89\ 314,15$ $x = +46\ 650,78$; $y = 87\ 953,18$ $x = 30\ 856,66$
 Koppe $y = -89\ 314,22$ $x = +46\ 650,60$; $y = 87\ 953,33$ $x = 30\ 857,02$
 Hieraus ergibt sich Azimuth Airola auf Göschener Observatorium:
 $Z = 355 - 4 - 30,1^m$ Distanz $15\ 852,65$ nach Gelpke,
 $Z = 355 - 4 - 30,5$ > $15\ 852,10$ nach Koppe,
 Differenz $0,4$ Differenz $0,55$

also im Azimuth $\frac{1}{10}$ Secunden, in der Länge $0,55^m$ Differenz. Wie bekannt repräsentirten in Göschenen und Airola sogenannte Tunnelmarken das Tunnelazimuth. Herr Koppe mass demnach zwischen *einem einzigen* meiner Signale und dieser Marke, die im Mittelwerth *dreier seiner Signale* stand, einfach den Winkel und verglich ihn mit dem aus meinen Azimuthen abgeleiteten, wie folgt:

Auf Airoler Observatorium ist

Pianalto $Z = 251\ 35\ 28,8''$
 Observatorium Göschenen . $Z = 175\ 4\ 50,1$
 \sphericalangle Göschenen-Pianalto $76\ 30\ 58,7$
 Von Koppe beobachtet $76\ 31\ 0,7$
 Differenz $2,2$ östlich

Auf Göschener Observatorium ist

Observatorium Airola . $Z = 355\ 4\ 30,1''$
 Rienzstock $Z = 230\ 21\ 27,0$
 \sphericalangle Rienzstock-Airola $124\ 43\ 3,1$
 $124\ 43\ 5,5$
 Differenz $2,4$ östlich

für mein Azimuth.

Diese Vergleichung ist aber nach meiner Ansicht keine gründliche, da sie nur mit einem einzigen meiner Signale, der sehr nahe gelegenen Marke stattfand.

Die Vergleichung wäre doch am einfachsten zwischen den beiderseitigen Winkeln, die aus den Azimuthen resultirten, erfolgt, und dann wäre eine unmerkliche Differenz hervorgegangen.

Hiemit schliesse vorläufig meine Mittheilungen, mir vorbehaltend, gegebenen Falls über eine etwaige spätere genauere Verifikation der Richtung und der Länge eine kurze Nachtragsnotiz einzusenden.

Luzern, 24. März 1880.

O. Gelpke, Ingenieur.