Zeitschrift: Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft = Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles = Atti della Società Elvetica di Scienze Naturali

Herausgeber: Schweizerische Naturforschende Gesellschaft

Band: 89 (1906)

Artikel: Die Basismessung durch den Simplontunnel im März 1906

Autor: [s.n.]

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-90147

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.07.2025

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

Die Basismessung durch den Simplontunnel
im März 1906.

Von *M. Rosenmund*, Zürich.

1. Historische Einleitung.

Eine Basis ist die erste Grundlage einer Landesvermessung. Bevor noch aus den angelegten Dreiecken einer Triangulation die Entfernung der Vermessungshauptpunkte berechnet werden kann, bedarf es der Messung der Länge einer Grundlinie, einer Basis, welche mit dem Triangulationsnetz in Verbindung gebracht werden muss.

Für die Aufnahme der Dufourkarte war im grossen Moos zwischen Sugiez am Murtensee und Walperswil, westlich Aarberg, im Herbst 1834 eine Grundlinie von ca. 13 km Länge gemessen worden. Die Messung wurde ausgeführt von Eschmann, Wolf und Wild mittelst vier röhrenförmigen Eisenstangen von je drei Toisen. Die zwischen den einzelnen horizontal gelegten Stangen frei gehaltenen Zwischenräume wurden mit Keilen gemessen.

Nachdem in den Jahren 1864—79 ein neues schweizerisches Dreiecknetz erster Ordnung unter Leitung der schweizerischen geodätischen Kommission angelegt und rechnerisch ausgeglichen worden war, welches zugleich als Teilnetz der Schweiz für die mitteleuropäische Grad-

messung (internationale Erdmessung) Verwendung finden sollte, musste auch dieses an Grundlinien angeschlossen werden, für deren Messung die neuesten Errungenschaften auf jenem Gebiete beigezogen werden sollten. Es wurde die Bestimmung von drei neuen Basen beschlossen, einer ersten, von ca. 2400 m Länge, bei Aarberg, einer zweiten, ca. 2540 m langen, bei Weinfelden, und einer dritten, ca. 3200 m langen, bei Bellinzona.

Die Messung der Aarberger Basis wurde im Jahre 1880 dreifach ausgeführt, diejenige der beiden übrigen Grundlinien ein Jahr später, jede doppelt. Man benützte dazu einen Apparat, welcher zu analogen Arbeiten in Spanien unter Leitung des Generals Ibañez verwendet worden war und dessen Eigenschaften als vorzügliche galten. Die Messung erfolgte mittels eines auf Stative aufgelegten Eisenstabes mit eingravierten Strichmarken in 4 m Abstand, deren Entfernung unter Berücksichtigung der Temperatur und der Neigungen durch Mikroskope auf Ständern abgelesen wurde.

Die Unsicherheiten dieser Basismessungen lagen innerhalb 1 : 2 000 000.

Gegen 1880 schlug der schwedische Gelehrte Jäderin vor, das an und für sich schwerfällige Verfahren der Basismessungen mittels Stangen, welche gewöhnlich eine Länge von 4 m hatten, zu ersetzen durch Messungen mittels Drähten, welche während der Beobachtung immer unter der gleichen Spannung gehalten werden sollten. Um den ungünstigen Einfluss in den Verschiedenheiten der Temperatur der Luft — wie sie am Thermometer abgelesen wird — gegenüber der wahren Temperatur des Metalls möglichst unschädlich zu machen, benützte Jäderin zwei Drähte von verschiedener Ausdehnung gegen Temperatureinflüsse, aus

Stahl und aus Messing. Durch Messung der gleichen Spanne mit beiden Drähten konnte er aus der Verschiedenheit der Ergebnisse auf die Temperaturen schliessen und daraus auf die sich ergebende Verlängerung oder Verkürzung der Drähte. Die Einfachheit des Messverfahrens, sowie die durch Jäderin in Schweden und hierauf bei der Vermessung auf Spitzbergen erreichten günstigen Resultate erregten Aufsehen, die Methode wurde weiter erprobt und im Jahre 1900 sprach die in Paris versammelte Konferenz der internationalen Erdmessung dem internationalen Bureau für Mass und Gewicht den Wunsch aus, es möchte die Verwendung des Jäderin'schen Messverfahrens für geodätische Arbeiten in den Bereich seiner Untersuchungen ziehen.

Das genannte Institut brachte eine Reihe von Verbesserungen an den Einzelheiten der Apparate an und ersetzte namentlich auch die Messung mittels zwei Drähten verschiedenen Materials durch eine solche mit nur einem Draht, bestehend aus einem Metall von sehr geringem Ausdehnungskoëfficient. Die diesbezüglichen Studien des internationalen Bureaus für Mass und Gewicht, an denen neben dem Direktor Benoit sich namentlich unser Landsmann Dr. Guillaume beteiligte, führten zur Wahl einer Sorte von Nickelstahl, Invar genannt, mit 36 % Nickelgehalt, angefertigt in den Stahlwerken von Imphy der Société Commentry-Fourchambault, dessen Ausdehnungskoëfficient je nach der Fabrikationssorte nur $^1/_{10}$ bis $^1/_{30}$, ausnahmsweise sogar nur $^1/_{240}$ des gewöhnlichen Stahls beträgt. Diese Eigenschaft der Drähte macht eine genaue Kenntnis ihrer inneren Temperatur entbehrlich, es genügt, dieselbe nur approximativ zu kennen.

Um das Verfahren der Längenmessungen mittels Invardrähten in unserem Lande zu erproben und eventuell für künftige Messungen geodätischer Grundlinien zu verwenden, erwarb die schweizerische geodätische Kommission durch Vermittelung des internationalen Bureaus für Mass und Gewicht fünf Invardrähte von 24 m Länge. In ihrer Sitzung vom 6. Mai 1905 beschloss dieselbe Kommission, das Messverfahren zu erproben an einer Grundlinie durch den Simplontunnel, vorausgesetzt, dass die Verwaltung der schweizerischen Bundesbahnen hiefür diesen Tunnel nach Beendigung des Baues für die nötige Zeit zur Verfügung stellen würde.

Es kann dieser Grundlinie nicht die gleiche Bedeutung beigemessen werden wie einer der früher erwähnten geodätischen Basen der Landesvermessung. Dafür liegen ihre Endpunkte zu sehr in tief eingeschnittenen Tälern, wodurch der direkte Übergang auf grosse Dreieckseiten erster oder zweiter Ordnung verunmöglicht wird. Aber sie dient als Kontrollbasis für das Triangulationsnetz des Kantons Wallis, in welchem bisher keine direkt gemessenen Seiten enthalten waren und welches östlich an die Punkte erster Ordnung Titlis, Basodino, Ghiridone, westlich an Rocher de Naye, Suchet und Berra anschliesst. Die Triangulation für die Richtungsbestimmung des Simplontunnels wurde auch von der schweizerischen geodätischen Kommission für ihre Arbeiten der Untersuchung von Lotabweichungen benützt; eine genauere direkte Nachmessung der Entfernung der Endpunkte dieses Netzes war daher auch von diesem Gesichtspunkte aus von Nutzen.

In keiner anderen Gegend unseres Landes würde sich Gelegenheit bieten, eine 20 km lange Basis auf geeignetem Untergrund zu messen, als wie durch den

Simplontunnel hindurch. Es bietet sich zwar dabei die Erschwerung, dass die Messungen im Dunkeln vorgenommen werden müssen. Als Erleichterungen sind dagegen zu bezeichnen: Unabhängigkeit der Messungen von der Witterung, keine plötzlichen, nur allmälige Änderungen in den Temperaturen, durch das Geleise gegebene Richtung und konstante Neigung der Basis.

2. Das Messverfahren mit Invardrähten.

Das Verfahren der Messung einer Basis mittels Invardrähten ist im allgemeinen das folgende:

Man hat eine grössere Anzahl leichter Holzstative zur Verfügung, welche versehen sind mit einem Bronzezapfen. Dieser kann durch drei Schrauben seitlich verschoben und um seine senkrechte Achse gedreht werden. Auf diesem Zapfen ist eine Strichmarke eingraviert. Die erwähnten Stative werden in Abständen von 24 zu 24 Meter, welche mit einem Drahtkabel approximativ abgemessen werden, aufgestellt und in die Richtung der Basis hineingebracht durch Einvisieren der Markenzapfen mittels eines auf den letzten eingerichteten Zapfen aufgesetzten Fernröhrchens. Bei den schweizerischen Basismessungen waren zehn solcher Stative in Verwendung. Jedes fünfte Stativ war mit einem Thermometer versehen, an welchem die Temperatur abgelesen wurde.

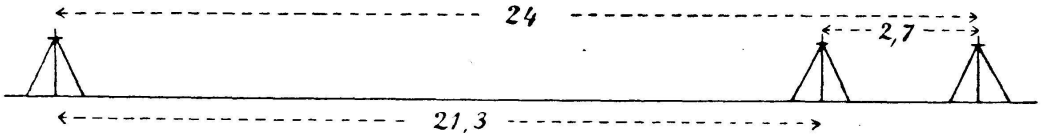
Nachdem die Markenstative in der angeführten Weise in der Basisrichtung aufgestellt sind, wird der Messdraht angelegt. Dieser trägt an seinen beiden Enden Skalen auf dreikantigen Metallstäbchen mit 8 cm langer Einteilung in Millimeter. Die Anlegekante der Skalen befindet sich in der Verlängerung der Drahtachse. An beiden Skalen des Drahtes muss

der Nullpunkt bei der Ablesung am linken Ende sich befinden. Bei Messung einer jeden einzelnen Spanne zwischen zwei Messmarken wird der Draht in Spannung gehalten durch ein Gewicht von 10 kg jederseits, welches durch eine Schnur mittels Haken und Ring mit dem Drahtende verbunden wird. Die Schnur läuft jederseits über eine Rolle in einer in der Basisrichtung aufgestellten Stütze. Das Stellen dieser sog. Drahtstützen erfordert einige Übung, da für die Messung der Draht in der Richtung der beiden Messmarken und seine beiden Skalen möglichst genau in der Höhe derselben liegen müssen. Nach Regulierung der Lage des Drahtes wird an den beiden Endskalen die Stellung der Messmarken abgelesen. Ablesung rechts minus Ablesung links vermehrt um die Entfernung der beiden Skalenpunkte, gemessen gedacht unter einer Spannung von 10 kg, liefert die Entfernung der Messmarken auf den beiden Stativen.

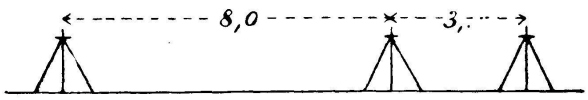
Anfang und Ende einer jeden Basis sind markiert durch einen in den Boden eingelassenen Fixpunkt. Um die erste Messmarke genau in Übereinstimmung zu bringen mit dem Basis-Anfangspunkt, wird senkrecht unter der Messmarke des ersten Stativs ein Senkel aufgehängt und jene seitlich verschoben, bis die Senkelspitze mit dem Fixpunkte übereinstimmt.

Jede Drahtmessung besteht aus fünf Ablesungen durch einen Beobachter am linken, aus ebensovielen durch einen Beobachter am rechten Ende. Nach jeder Ablesung jederseits wird eine kleine Verschiebung der Skalen vorgenommen. Ist eine Spanne gemessen, so wird zur Spanne zwischen den nächsten Messmarken übergegangen, nachdem der Draht durch Aufhängen der Gewichte entlastet und die Drahtenden durch die

beiden Beobachter angefasst worden sind. Die freigewordenen Drahtstützen werden um eine Spanne weiter vorgetragen und dort in den üblichen Abständen von 1—2 m ausserhalb der Messmarken neu gestellt. Die rückwärtigen frei werdenden Markenstative werden nach vorn gebracht, um dort jeweilen von neuem eingereiht zu werden. So schreitet die Messung immer weiter bis zum Schluss der Basis. Dort wird in der Regel ein letztes zu messendes Stück übrig bleiben, welches nicht genau zwischen die Enden des 24 m langen Drahtes gebracht werden kann. Man misst diese letzte Strecke mit Zuhilfenahme eines 8 m langen Drahtes gleicher Konstruktion und eines in Dezimeter eingeteilten Nickelstahlbandes von 4 m, dessen Endteile noch in Millimeter eingeteilt sind. Diese beiden Hilfsmasse reichen für alle Fälle aus. Bleibt z. B. ein Stück von



ca. 21,3 m zu messen, so wird man am einfachsten erst den 24 m langen Draht nochmals anlegen, damit über den Basisendpunkt hinaus messen und von dem neugestellten Stativ die Entfernung bis zu dem über dem Basisendpunkt aufgestellten Stativ von ca. 2,7 m mit dem Stahlband bestimmen. Oder wenn etwas über 10 m vom letzten Stativ bis zum Basisendpunkte



blieben, dann könnte man den Rest erst mit dem 8 m langen Draht und das hierauf noch übrig bleibende Stück mit dem Stahlband abmessen.

Nach der gegebenen Schilderung werden demnach die Entfernungen von Messmarke zu Messmarke der

hintereinander gestellten Stative mit dem Drahte gemessen. Da aber diese Marken in der Regel nicht in einer Horizontalen liegen, so müssen, um horizontale Entfernungen zu erhalten, ihre Höhendifferenzen noch bestimmt werden, worauf eine entsprechende Reduktion vorzunehmen ist. Dies geschieht mittels eines Nivellierfernrohres, mit welchem auf eine auf den nächstgelegenen Stativen angesteckte Mire visiert wird. Durch eine in der Bildebene des Nivellierfernrohres angebrachte Prozent-Skala kann die Neigung nach den Miren abgelesen werden.

3. Die Messungen am Simplon.

Die Basismessungen durch den Simplontunnel, über welche zu referieren mir die Ehre geworden, können in drei Teile zerlegt werden:

1. Die Messungen von den Tunnelausgängen bis zu den beidseitigen Observatorien, welche bei Tageslicht stattfanden und für welche das in Vorhergehendem angedeutete Verfahren Anwendung fand. Auf die am Nordausgang angewendete Methode zur Überspannung der Rhone werde ich noch besonders zurückkommen.

2. Die Messung von den Richtstollenportalen bis auf das Tunnelgeleise, bei welcher als weitere Schwierigkeit die Handhabung der Apparate im Dunkeln hinzutritt.

3. Die Messung auf dem Geleise durch den Tunnel, das weitaus grösste Stück.

Für die beiden letztgenannten Strecken wurden die Messmarken behufs Vornahme der Ablesungen durch Acetylen-Laternen, welche am Stativ befestigt waren, künstlich beleuchtet. Eine ähnliche Beleuchtung trugen die Drahtstützen. Es mehrten sich namentlich die

Schwierigkeiten der Messung für die Partie durch den Richtungsstollen, infolge des beschränkten Raumes und der Zeitdauer, welche das Einvisieren der Stative in die Linie erforderte. Weit günstiger gestaltete sich das Messen, nachdem einmal das geradlinige Geleise erreicht war. Hier war die Anordnung getroffen, dass die Stellung eines jeden Stativs der Messmarken durch einen Streifen in weisser Ölfarbe am äusseren Rande der östlichen Schiene zum voraus bezeichnet worden war. Die Anlage dieser Farbmarken, in Abständen von 24 m, war erleichtert durch den Umstand, dass die Länge der einzelnen Schiene 12 m betrug, mithin zwei Schienenlängen einer Messpanne gleichkamen.

Eine weitere Vereinfachung bei der Messung auf den Schienen bestand darin, dass ein Einvisieren der Stative in die Richtung entbehrlich wurde. Die Stativfüsse wurden direkt auf die Schienen gestellt, und zwar zwei Füsse auf zwei Platten der Ostschiene, deren Entfernung durch ein Kabel von konstanter Länge fixiert war und welche auf die Schiene festgeklammert wurden, ein Fuss auf einer Platte der Westschiene. Durch die konstante Entfernung der Stativfüsse kamen die sämtlichen Messmarken 24 cm von der Geleisemitte gegen die Ostschiene hin zu liegen. Die Basis wurde daher nicht in der Tunnelachse, sondern 0,24 m nordöstlich davon gemessen. Das Mass dieser Verschiebung wurde bei jeder Aufstellung der Stative kontrolliert durch einen unter der Messmarke angehängten Senkel und eine an das Geleise angelegte Latte und wenn nötig berichtigt an den drei horizontalen Stellschrauben des Markenbolzens.

Es bedurfte trotzdem einer Kontrolle, um zu konstatieren, wie gross die Abweichungen des Geleises

aus der geraden Richtung waren und die entsprechenden Reduktionen einzuführen. Dies geschah unabhängig von der eigentlichen Basismessung mittels auf den Schienen aufgesetzten Transparentmarken, welche mit einem durchschlagbaren Theodoliten anvisiert wurden.

Die Neigung zwischen den einzelnen Messmarken brauchte für die auf den Schienen gemessene Strecke auch nicht mehr besonders nachgemessen zu werden. Diese Messmarken hatten infolge der besonderen Art der Aufstellung der Stative immer dieselbe Höhe über den Schienen. Die Schienenneigung war durch ein in derselben Zeit durch die schweizerische Landestopographie ausgeführtes Nivellement festgestellt. Nur beim Übergang der Neigung von 2 ‰ der Nordseite auf diejenige von 7 ‰ der Südseite wurde vom Nivellierfernrohr Gebrauch gemacht, wobei die Miren durch die Stativlaternen mit Leichtigkeit beleuchtet werden konnten.

Zum Gelingen einer derartigen Messung ist eine richtige, stramm durchgeführte Organisation Haupterfordernis. Jeder Beteiligte muss seine Funktionen genau kennen und darf nicht anders als für diese verwendet werden. Von den schweizerischen Bundesbahnen und speziell durch das liebenswürdige Entgegenkommen ihrer Direktion des Kreises I war der Tunnel für die Zeit vom 18. März vormittags 6 Uhr bis zum 23. März vormittags 6 Uhr für die Basismessung zur Verfügung gestellt worden, — eine kurze Zeit zur Durchführung der geplanten Arbeit, aber eine lange Dauer mit Berücksichtigung der kostbaren Zeit, welche bis zur Eröffnung des Tunnels noch übrig blieb.

Um in diesen fünf Tagen und fünf Nächten das vorgesetzte Pensum lösen zu können, wurde die ge-

samte zur Basismessung bestellte Mannschaft in fünf Ablösungen eingeteilt, welche sich in achtstündigen Arbeitsschichten Tag und Nacht folgen sollten. Man hoffte, nach etwas mehr als zweimal 24 Stunden den Tunnel einmal durchmessen zu haben und nach einem Tag Ruhepause in der gleichen Zeit die Rückmessung durchführen zu können.

Jede Ablösung stand unter der Leitung eines Mitgliedes der schweizerischen geodätischen Kommission, welches zugleich als Sekretär die Ablesungen der beiden Beobachter zu protokollieren hatte. Die letzteren waren Ingenieure. Für die übrigen wichtigeren Posten bei der Basismessung waren Studierende des obersten Ingenieur-Kurses des eidgenössischen Polytechnikums beigezogen. Jede der drei Ablösungen bestand aus einem Chef, zwei Beobachtern, drei Studierenden und dreizehn Arbeitern, somit total neunzehn Mann. Unter den Arbeitern nahm der Lampenwart die wichtigste Stelle ein. Derselbe hatte die zur Verfügung stehenden Acetylenlampen fortwährend bereit zu halten, um sie gegebenenfalls gegen schlecht brennende einzutauschen.

Unabhängig von den drei genannten Ablösungen funktionierten die beiden Gruppen, welche mit der Kontrolle der Geleiserichtung betraut waren.

Die Oberleitung der Basismessung hatte in zuvorkommendster Weise Herr Vize-Direktor Guillaume übernommen. Um sich einzuüben und das Personal zum gemeinsamen Zusammenarbeiten vorzubereiten, war zwischen dem 14. und 17. März je in einer Nacht von jeder der drei Ablösungen auf einer geradlinigen Strecke von 950 m der Bahnlinie Visp-Raron dasselbe Längenstück durchgemessen worden, nachdem dieselbe Ablösung am Tage vorher die Messapparate kennen gelernt hatte.

Programmgemäss wurde dann am 18. März morgens beim Nordportal des Tunnels die eigentliche Basismessung begonnen. Bei weiterem Fortschreiten der Arbeit wurden die Ablösungen durch einen Zug, den die Schweizerischen Bundesbahnen bereitwilligst zur Verfügung gestellt hatten, in den Tunnel eingeführt bis zur Stelle, an welcher sie ihre Vorgänger abzulösen hatten. Mit einem und demselben Drahte wurden bis zum 19. vormittags 368 Spannen von je 24 m gemessen. Ein leichter Fall eines der Beobachter, durch welchen der Draht eine Knickung erhielt, gab den Anlass, diesen durch einen andern zu ersetzen, welcher in den Tunnel mit eingefahren worden war. Dieser zweite Draht blieb dann in Anwendung für den Rest der Hinmessung, wie auch für die ganze Rückmessung.

Gegen Mittag des 20. März konnte auf der Südseite das gerade Geleise von der Messungsmannschaft verlassen werden, um den Richtungsstollen zu durchmessen und am Nachmittag des gleichen Tages fand der Anschluss von dem an der Ausmündung des Richtungsstollens gelegenen Fixpunkte nach dem Observatorium und von diesem wieder zurück nach genanntem Fixpunkte statt. In diesen letzten Partien konnte man sehen, welchen Vorteil für die Raschheit der Messung die Aufstellung der Stative auf dem geradlinigen Geleise gewährt hatte durch Wegfall der Funktionen des Einvisierens in die Richtung, des Nivellierens der Messmarken und Abmessens ihrer Entfernung. Sobald das Geleise verlassen war, ging die Messung viel langsamer vor sich, denn einzelne Teilnehmer mussten hier Arbeiten übernehmen, welche sie auf dem grössten Teil der Strecke nicht zu versehen hatten.

Nach je 100 gemessenen Spannen, sowie bei den

Übergängen von den beidseitigen Richtungsstollen auf das Geleise wurden Fixpunkte angebracht, welche eingemessen wurden und gestatteten, nicht nur die ganze Länge des Tunnels für Hin- und Rückmessung zu vergleichen, sondern auch die einzelnen Teilstrecken von Fixpunkt zu Fixpunkt. Es waren dies eiserne Bolzen auf verstellbarer Unterlage, auf deren Oberfläche sich eine Kreuzmarke befand und welche auf den Bahnschwellen aufgeschraubt wurden. Die Lage der Messmarke wurde jeweilen mittels angehängtem Senkel mit dem Fixpunkt in Übereinstimmung gebracht.

Die Rückmessung, vom Richtstolleneingang der Südseite ausgehend, begann wieder am 21. März morgens. Am 23. morgens 6 Uhr blieben noch zirka 500 m bis zum Ausgang des nördlichen Stollens; noch am Vormittag des gleichen Tages fand unter starkem Schneefall der Anschluss daselbst statt.

Infolge der ungünstigen Witterung konnte erst am 24. März morgens daran gedacht werden, das noch bleibende Stück von dem am linken Rhoneufer vor dem Richtstollen-Ausgang angelegten Fixpunkte über die Rhone nach dem zirka 290 m entfernten trigonometrischen Punkt hin und zurück zu messen. Die Arbeit war lang und zeitraubend, da bei der unregelmässigen Gestaltung des Geländes und dessen kiesiger Beschaffenheit die Aufstellung der Stative eine äusserst schwierige wurde. Zudem musste zuerst die etwa 20 cm hohe Schneeschicht aus der Richtung entfernt werden. Die Messung selbst vollzog sich bei beissendem Winde. Zur Überspannung der Rhone wurde ein Draht von 72 m Länge verwendet, welcher durch Gewichte unter einer Spannung von 20 kg gehalten wurde. Der Verkehr zwischen den Stationen auf beiden Ufern geschah durch

telephonische Verständigung. Das zirka 31 m lange Stück vom trigonometrischen Punkt der Nordseite bis zum äussersten Basisfixpunkt am Beobachtungspfeiler des Observatoriums wurde am 25. März doppelt gemessen.

Alle die erwähnten Messungen wurden jeweilen nur mit einem Drahte ausgeführt; die übrigen 4 Drähte, welche zur Verfügung standen, hatten den Zweck, zu konstatieren, ob allenfalls im Laufe der Messungen dieser eigentliche Messdraht seine Länge nicht ändere, abgesehen von der Änderung infolge der Temperatur. Eine erste Vergleichung der 5 Drähte fand vor Beginn der Längenmessung auf einem eigens dazu eingerichteten Komparator in Brig statt, eine zweite nach Schluss derselben. Die Drähte gelangten nach Brig direkt von Sèvres, wo sie auf dem internationalen Bureau für Mass und Gewicht sowohl unter sich, als auch mit Bezug auf ihre absolute Länge verglichen worden waren. Eine analoge Überprüfung fand ebendaselbst nach ihrem Gebrauch statt.

4. Vorläufige Ergebnisse der Basismessung.

Über den Aufwand an Zeit bei der Basismessung durch den Simplontunnel lässt sich folgendes sagen:

Für die Strecke auf dem geradlinigen Geleise bedurfte es auf eine Entfernung von 19 256 m 52 Stunden 30 Minuten bei der Hinmessung, Aufenthalte und Ruhepausen miteingerechnet, und 41 Stunden 30 Minuten bei der Rückmessung, mithin durchschnittlich auf **409** m eine Stunde. Die grösste erreichte Messgeschwindigkeit im Durchschnitt der zirka achtstündigen Arbeitszeit einer Ablösung betrug über 500 m per Stunde. Durch die Angewöhnung der Messgruppen steigerte sich auch die Arbeitsleistung mehr und mehr.

Zur Durchmessung der beiden Richtungsstollen bedurfte es beim Hinweg 3 Stunden 45 Minuten auf nur 501 m, beim Rückweg zirka 7 Stunden 40 Minuten. Man mass also pro Stunde nur 133 m bezw. 65 m.

Die Schlussresultate der Basismessung sind noch nicht vollständig ausgerechnet. Ich kann daher nur provisorische Ergebnisse mitteilen. Für jede gemessene Spanne muss zu der durch das internationale Bureau für Mass und Gewicht für eine bestimmte Ausgangstemperatur (15 ° C.) festgestellten Entfernung der Nullmarken der Drahtenden die Differenz der an den beiden Endskalen gemachten Ablesungen in Anrechnung gebracht und muss die Ausdehnung des Drahtes infolge der Temperaturänderungen berücksichtigt werden. Dazu kommen ferner die Reduktionen der in Neigung gemessenen einzelnen Spannen auf die Horizontale und allfälliger Abweichungen aus der geraden Richtung.

Die zwischen den Fixpunkten im nördlichen und südlichen Observatorium gemessene Länge betrug

für die Hinmessung	20 146 011 mm
für die Rückmessung	20 146 033 mm
Differenz	22 mm

oder rund 1 Millionstel der Basislänge.

In diesen Zahlen ist angebracht die Reduktion für die Höhendifferenz der Messmarken auf den in den Richtstollen gemessenen Strecken, nicht aber diejenige für die gleichen Höhendifferenzen auf der Geleisestrecke und für die Abweichungen des Geleises aus der geradlinigen Richtung. Diese letzteren Reduktionen sind noch nicht berechnet; sie sind für beide Messungen gleich gross und werden voraussichtlich die Basislänge um zirka 3 Dezimeter verkleinern, wodurch dieselbe auf rund 20 145,7 m gebracht wird.

Vergleicht man die einzelnen Messstrecken zwischen den im Tunnel alle 100 Spannen angelegten Zwischenfixpunkten, so stimmen von 8 Vergleichsstrecken zu 2400 m Hin- und Rückmessung

bei vieren innerhalb 1 : 1 000 000
bei dreien „ 3 : 1 000 000

und eine erreicht eine Differenz von 12 mm = 5 Millionstel. Diese letztere Differenz überschreitet die Grenze der erwarteten Fehler. Leider kann die Strecke infolge der Entfernung der Zwischenfixpunkte nicht mehr kontrolliert werden. Immerhin ist das Gesamtresultat noch günstig. Schon die Vergleichungen der Drähte lassen keinen wesentlich grössern Genauigkeitsgrad erwarten als 1 Millionstel.

Mit der Triangulation für die Absteckung des Simplontunnels verglichen ergibt die Basismessung ein um 0,5 bis 0,6 m grösseres Resultat. Diese Differenz fällt aber nur zum geringsten Teil den Beobachtungsfehlern jener Triangulation zur Last, rührt vielmehr grösstenteils von der Fehlerübertragung der Winkelmessungen im Triangulationsnetz zwischen der Tessiner Basis und der Dreieckseite des geodätischen Hauptnetzes her, welche für die Simplontriangulation als Basis benützt wurde, wie ich dies schon früher im Berichte von 1901 an das schweizerische Eisenbahndepartement über die Absteckung des Simplontunnels nachgewiesen habe.

Aus der Basismessung für den Simplontunnel kann gefolgert werden, dass Messungen mit Invardrähten Genauigkeiten liefern können, welche bei grösserer Handlichkeit der Apparate sich denjenigen mittels Metallstäben nähern. Bei guter Organisation kann damit die Zeitdauer der Messungen auf den dritten Teil oder weniger reduziert werden, womit auch beträchtliche Kosten erspart werden.