

**Zeitschrift:** Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern  
**Herausgeber:** Naturforschende Gesellschaft Bern  
**Band:** - (1870)  
**Heft:** 711-744

**Artikel:** Bestimmung der St. Gotthard-Tunnelaxe  
**Autor:** Gelpke, O.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-318837>

### **Nutzungsbedingungen**

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

### **Conditions d'utilisation**

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

### **Terms of use**

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

**Download PDF:** 02.05.2026

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

**O. Gelpke**, Ingenieur.

## Bestimmung der St. Gotthard-Tunnelaxe.

(Vorgetragen den 22. Januar 1870.)

---

Von verschiedenen Seiten aufgefordert, über die mir gewordene Arbeit, nämlich: »die Bestimmung der St. Gotthard-Tunnelaxe« und über die Art und Weise, wie ich dieselbe gelöst habe, hier vor der werthen Versammlung einige Mittheilungen zu machen, bin ich gerne dazu bereit und will nur hoffen, dass die Herren, obschon zur Mehrzahl nicht Fachgenossen, trotzdem einiges Interesse daran finden mögen.

Ich übergehe die verschiedenen Einleitungen und Präliminarien, nur das Eine erwähne ich, dass ich die Grösse der mir gewordenen Aufgabe und somit auch die Grösse der mit ihrer Uebernahme auf mir lastenden Verantwortung wohl fühlte, desshalb lange zauderte, bis ich mich zu ihrer bestimmten Annahme entschloss; ohne die Aufmunterung und das Zureden unserer ersten Fachleute, ohne die liebenswürdige Gewährung von zwei Monaten Urlaub von Seiten des Herrn Oberst Siegfried, bei dem ich meine Stelle in keiner Weise gefährdet sehen wollte, hätte ich mich jedenfalls wohl in abschlägigem Sinne entschieden.

Mein Erstes nach gegebener Zusage war, mich an das Tit. Gotthard-Comité zu wenden, um die nöthigen Aufschlüsse über alle bisherigen technischen Vorarbeiten zu erlangen, und fernerhin die Fixirung der Tunnelleingänge mir zu erbitten. Zu letzterem Zwecke wurden mir in den Herren Landammann Müller von Uri, der leider seither das

Zeitliche gesegnet hat, und Ingenieur Koller von Basel zwei Begleiter beigeordnet, um die Tunnelleingänge im Verein mit mir zu bestimmen und mir die erforderliche Auskunft über das bisher Geleistete und schon Vorhandene zu geben. Hiebei stellte sich denn an Ort und Stelle heraus, dass diese Fixirung der Tunnelmundlöcher, die hauptsächlich von der Niveaudifferenz abhängig ist, nur sehr unbestimmt und vag geschehen konnte, da wohl schon Nivellements existirten, aber unter sich sehr differirten. In einem mündlichen Rapport theilte ich das Resultat unserer Untersuchung Hrn. Schultheiss Zingg, dem Vertreter des Tit. Gotthard-Comité, mit und wies darauf hin, dass schon seit mehreren Jahren unter Leitung der geodätischen Commission für Gradmessungssachen und specieller Beaufsichtigung der Herren Professoren Hirsch und Plantamour ein directes Nivellement, das sogenannte Nivellement de précision oder Nivellement fédéral, in verschiedenen Theilen der Schweiz ausgeführt werde und dass, wenn ich mich nicht sehr irre, auch der Gotthardpass in dem projektirten Netz enthalten sei, dass sich demzufolge die geodätische Commission vielleicht geneigt finden liesse, das Nivellement über den St. Gotthard im Interesse eines so grossartigen Werkes wie die Alpenüberschienung schon dieses laufende Jahr ausführen zu lassen, besonders wenn bei dem etwas stark belasteten Budget der Gradmessungscommission auch ein pecuniäres Opfer von Seiten der Herren gebracht werde. Dieser meiner Andeutung wurde Folge geleistet und Herr Prof. Hirsch und Plantamour officiell angefragt mit dem günstigen und verdankenswerthen Resultat, dass Herr Ingenieur Benz, der schon seit einiger Zeit in dieser besondern Branche arbeitete, nach dem Gotthard beordert wurde, um zwischen Amsteg und Giornico das gewünschte Nivellement mit den

besten Instrumenten und nach der bekannten ungemein scharfen und genauen Methode auszuführen.

Diess einmal besorgt, konnte ich an meine eigene Aufgabe mit mehr Musse denken. Diese bestand also nur in der Bestimmung der Tunnelaxe, d. h. in der Angabe des Richtungswinkels auf beiden Seiten des Berges, nach welchem die Gesteinsarbeiten zu treiben waren, um in der Mitte des Berges im Streichen zusammenzustossen. Solches wurde erreicht durch Bildung eines Dreiecknetzes zwischen Anfangs- und Endpunkt des Tunnels, in welchem Netze bei der Wichtigkeit der Sache alle Winkel zu messen waren, während die Berechnung mit einer willkürlichen Länge und einem beliebigem Azimuth durchgeführt werden konnte, weil ja dadurch die Lage der Punkte zu einander, von der der Richtungswinkel einzig und allein abhängig ist, nicht im mindesten beeinträchtigt wurde. Je länger ich mir aber Alles überlegte, um so mehr kam ich zu der Ueberzeugung, dass ich meine Aufgabe von mir aus erweitern müsse, wenn ich anders im Sinne des Tit. Gotthard-Comité's, das bis Frühjahr 1870 alle Vorarbeiten so weit gefördert sehen wollte, um unmittelbar mit den Gesteinsarbeiten beginnen zu können, handeln wollte. Ich musste noch in diese meine Arbeit die Bestimmung richtiger Längen, richtige Orientirung des zwischen Anfangs- und Endpunkt des Tunnels zu bildenden Dreiecksnetzes und Ausführung eines möglichst genauen trigonometrischen Nivellements aufnehmen.

Die Bestimmung richtiger Längen war vor allem aus geboten, um die ganze Länge des Tunnels genau kennen zu lernen. Diese hatte man, abgesehen von der nöthigen Uebersicht bei Veraccordirung des Tunnelaushaues, zur Angabe des Steigens und Fallens der Tunnelsohle, dem Ergebniss aus der durch das Nivellement erhaltenen Niveau-

differenz und der richtigen Länge, absolut vonnöthen; ferner war, wie ich erst nachher bei meinen Erkundigungen erfuhr, ein Schacht bei Andermatt in Aussicht genommen. Nun konnte dieser allerdings, wenn eine oberirdische Absteckung der Tunnelrichtung über die zwischenliegenden fünf Gebirgsketten im Bereich der Möglichkeit lag, von derselben nämlich von der abgesteckten Tunnelrichtung aus angegeben werden. Aber diese ganze oberirdische Absteckung ist und zwar zur Stunde noch problematisch und das Risiko durfte ich unmöglich laufen, dass nach verfehltem Versuch einer solchen die Angabe des Schachtpunktes, nach der Natur der Sache eine der ersten Angriffspunkte des ganzen Unternehmens, in Frage gestellt war. Um daher auf alle Fälle vorbereitet und gewappnet zu sein, musste ich hier wiederum richtige und genaue Längen haben, um die Schachtbestimmung anderweitig ausführen zu können, ferner bedurfte ich derselben, um das in Aussicht genommene trigonometrische Nivellement verwerthen, resp. berechnen zu können. Eine seitliche Absteckung der Tunnelrichtung von etlichen Signalen aus, in deren Nähe sie vorbeiführte, war ebenfalls auf richtige Längenmaasse unmittelbar angewiesen. Das trigonometrische Nivellement hingegen, das ohne grossen Zeitverlust bei den Beobachtungen nebenbei laufen konnte, glaubte ich durchführen zu müssen, um das directe Nivellement, von dem ich wusste, dass es nur einmal und zwar ohne Controlle durch Anschluss (wenigstens in den ersten Jahren) ausgeführt werde, roh zu controlliren. Ich war weit davon entfernt, anzunehmen, dass Hr. Benz, der grosse Uebung im directen Nivelliren hatte, kleine Fehler sich zu Schulden werde kommen lassen, aber ein gröberer Fehler, nur durch Verschreiben einer Zahl z. B., der durch mein trigonometrisches

Nivellement dann aufgedeckt worden wäre, lag und liegt bei keiner Arbeit, der die Controlle fehlt, ausser dem Bereich der Möglichkeit; dann konnte ein solches trigonometrisches Nivellement gerade auf der Masse des St. Gotthard, wenn es mit möglichster Schärfe ausgeführt wurde, im Vergleich mit dem directen Nivellement zur Lösung noch schwebender wissenschaftlicher Fragen, wie die der Ablenkung des Bleilithes durch die Gebirgsmassen, mit beitragen, auch bei gegenseitigen Beobachtungen zur Ermittlung eines richtigern mittlern Refractionscoefficienten, als der bisher gebrauchte, für diese Höhen führen. Jedenfalls aber auch für den Dufour-Atlas neue Höhenzahlen liefern, ältere schon vorhandene controlliren und mit dem directen Nivellement in Verbindung bringen, wodurch einer spätern durchgreifenden Correction aller Höhenzahlen des Atlases, basirt auf das Ergebniss des schon oft genannten Nivellement de précision, in dieser Gegend schon vorgearbeitet war.

Ich erlaube mir, an dieser Stelle einige Notizen über die Genauigkeit und Richtigkeit solcher trigonometrischen Nivellements aus eigener Erfahrung anzuführen. Ich war nämlich beauftragt, für Blatt VII und II des Dufour-Atlas, also den ganzen Berner-Jura, die Höhen aller Gipfel, hervorstechender Bäume, Kirchthürme etc. zu bestimmen und war zu diesem Behufe vom Chasseral, als dem Ausgangspunkte des directen Nivellements, ebenfalls ausgegangen, hatte mich von da an nach allen Richtungen nach Nord und Süd ausgebreitet, war in dieser Breite bis an die Solothurner Grenze vorgedrungen und von da wieder bis Delémont zurückgekehrt, und hatte da an einen zweiten sehr günstig gelegenen Fixpunct des directen Nivellements mit der Differenz von  $1\frac{1}{2}$  Decimeter im Mittel angeschlossen, eine Differenz, die ich mit Ausschluss der entfernten

und deshalb von dem Fehler in der Refraction schon beeinflussten Beobachtungen leicht auf Null hätte reduciren können und die ihren Grund ausserdem hauptsächlich in ungenauer Messung der Signalhöhen zu suchen hat.

Die HH. Prof. Plantamour und Hirsch geben nach angestellten Versuchen bei Distanzen von 5000 Metern die Fehlergrenze bis auf  $\frac{1}{2}$  Meter an. In Eschmanns Ergebnissen dagegen ist sie auf Entfernungen unter 25,000 Meter nur auf 3 Decimeter bestimmt; das sind aber Extreme, aus denen einfach die Regel zu ziehen ist, da, wo nicht gleichzeitig die gegenseitigen Zenithdistanzen gemessen werden können, nur die Mittagsstunden, wo die Schwankungen in der Refraction am unbedeutendsten sind, zur Beobachtung zu benutzen; die Distanzen ferner nicht zu gross zu wählen, da die etwaigen Fehler, aus der Refraction hervorgehend, im Quadrat der Entfernung steigen. Weitere Vorsichtsmassregeln, die ich besonders beim Gotthard in Anwendung brachte, sind: die Zeitdistanzen, wenn auch nicht gleichzeitig zu messen, was zwei Beobachter und zwei Instrumente verlangt hätte, doch jedenfalls gegenseitig zu messen, möglichst zu derselben Tagesstunde und möglichst unter ähnlichen Luftverhältnissen, ferner die gesuchte Station durch Elevations- und Depressionswinkel aus verschiedenen Himmelsrichtungen her zu bestimmen. So habe ich denn mit einer gewissen Vorliebe und schönen Hoffnungen auf einen brauchbaren Erfolg unter Beobachtung dieser Regeln am Gotthard die trigonometrische Höhenbestimmung vorgenommen.

Nachdem ich einmal im Klaren war über die zu effectuierende Arbeit, konnte ich an die Ausführung derselben schreiten. Ein erstes war, das Terrain zu begehen und mich über die topographischen Verhältnisse durch den Augenschein zu orientiren. Die Bildung eines schö-

nen Dreiecksnetzes, aus dem der Richtungswinkel hervorgehen sollte, hing davon ab. Es war im Monat Juli, das Wetter war aussergewöhnlich heiss und schwül, dazu ein wahrer Höhenrauch über Gipfel und Gräte ausgegossen, mit grösster Mühe konnte ich daher die gegenseitige Sichtbarkeit der auszuwählenden Eckpuncte des Dreiecksnetzes feststellen, von der Bestimmung des Hintergrundes dieser Puncte und dem davon abhängigen Anstrich der daselbst zu erstellenden Signale musste bei dieser allgemeinen Dimme der Luft gänzlich abstrahirt werden, zumal ausserdem noch der erst jetzt mächtig schwindende Schnee in kurzer Zeit ein völlig verändertes Bild schaffen konnte. Nichtsdestoweniger wurde ich mit dieser Arbeit in verhältnissmässig sehr kurzer Zeit fertig und konnte wirklich sagen, dass mir die Bildung eines Netzes gelungen war, das meine eigenen Erwartungen übertraf. Dabei ergab sich zur Bestimmung der Tunnelrichtung beim Eingang zu Göschenen eine beinahe 3000<sup>m</sup> lange Orientierungslinie nach dem Rienzerstockgrat und beim Eingang zu Airolo eine circa 5000<sup>m</sup> lange Orientierungslinie nach Pianalto. Es waren diess vorzügliche Bedingungen, die eine glückliche Lösung versprachen. Die Form der Dreiecke liess im Hinblick auf das so ausserordentlich schwierige Terrain nichts zu wünschen übrig.

Ein Weiteres war die Erstellung der Signale auf diesen ausgewählten Puncten. Ich liess mir zu diesem Zwecke Maurer und Steinhauer aus Giornico kommen. Die Puncte waren hoch, an einigen Orten durch Sprengen von Felsen erst für eine Signalerstellung vorzurichten und mehr als 15 Tage konnte ich unmöglich auf diese Hilfsarbeit, von deren Genauigkeit allerdings wesentlich die Schärfe der Beobachtungen abhing, verwenden. Dess-

halb wählte ich Tessiner, die bei ihrer Gewinnlust, ihrer Ausdauer und ihrer Genügsamkeit in allen Lebensbedürfnissen sich ganz besonders zu dieser strapaziösen und beschleunigten Arbeit eigneten (13 Signale in 15 Tagen). Die Grundsätze für Erstellung derselben waren: richtige Dimensionen, damit sie bei den gegebenen Distanzen auch bei trüber Luftbeschaffenheit noch sichtbar wären, bei sehr heller Beleuchtung dagegen nicht durch zu grosse Masse die scharfe Einstellung der Mitte in's Fadenkreuz des Fernrohres erschwerten, scharf begrenzt, solid und unveränderlich, so dass während des Betriebs der Tunnelarbeiten ein Nachmessen der Winkel immer möglich war, völlig senkrecht und sich gleichmässig nach oben verjüngend, runde Form, zum centrischen Beobachten eingerichtet, wesshalb sie mit einer Plattform umgeben wurden und sich die oberste Platte musste abnehmen lassen. Bei den Signalen am Ende des Netzes, den sogenannten Orientierungspfeilern, auf denen ich die Richtung des Tunnels anzugeben hatte, wählte ich die quadratische Form und liess sie theils aus einem Granitblock hauen (Göschenen), theils aus drei Granitquadern aufführen, wie bei Airolo. Gute Fundamentirung, Prellsteine mussten ausserdem noch ihre Solidität und Intactheit garantiren. Diese Orientierungspfeiler lagen in der verlängerten wahrscheinlichen Tunnelaxe, im Niveau der Tunnelsohle und soweit zurück vom wirklichen Tunnelzugang, dass sie vor und während des Betriebs der Arbeiten vor Verletzungen und Verrückungen gesichert erschienen. Um die zum Einschneiden ungünstige quadratische Form zu paralysiren, liess ich auf diese Endsignale und ihre correspondirenden Metallkugeln aufsetzen, die dem Beobachter ein schärferes, begränzteres Object zum Anvisiren boten. Hand in Hand mit der Erstellung der

Signale ging auch ihr Anstrich, weiss bei dunkelm, schwarz bei hellem Hintergrunde und gegen den Himmel.

Da ich hier davon gesprochen, dass die Signale zum centralischen Beobachten eingerichtet wurden, so muss ich erwähnen, dass ich an und für sich in vielen Fällen die excentralische Beobachtungsweise vorziehe und zwar aus folgenden Gründen: Sind in einem Dreieck einmal zwei Winkel schon gemessen und ausgerechnet, so ist uns auch der dritte bekannt, er ist gleich  $180^{\circ}$  minus der Summe dieser zwei Winkel. Beobachtet man nun auch diesen dritten Winkel, so wird man unwillkürlich nach einiger Zeit zusehen, ob das erhaltene Resultat mit dem erwarteten übereinstimmt. Ist dem nicht so, so wird man, ohne die geringste Absicht zu täuschen, sich doch diesem gewünschten Werthe zu nähern suchen, man wird kleine Concessionen in der Theilung des anvisirten Signals machen in der festen Ueberzeugung, diese sei die richtige, die erste sei eine irrthümliche gewesen, durch Phase oder sonst etwas provocirt, mit einem Wort, die Beobachtung des dritten Winkels in einem Dreieck ist in diesem Falle beeinflusst und abhängig und dadurch die Schärfe und der Werth der Gesamtbeobachtungen wesentlich beeinträchtigt.

Ein Anderes und vorzüglich bei unsern Schweizerverhältnissen nicht zu übersehen, ist die Schwierigkeit, auf höhern Berggipfeln grössere und doch völlig regelmässige und symmetrische Signale zu errichten. Arbeiten, wo diess nöthig wurde, waren meist sehr wichtiger und grossartiger Natur, wie die eidgenössische Triangulation und die Gradmessung, und desshalb schon in die Hände der erfahrensten Fachleute niedergelegt. Diese, meist schon älter, konnten unmöglich die Erstellung solcher Signale selbst überwachen, auch richtige Maurer und Steinhauer brachte man nicht auf die höhern Gipfel, deren

Besteigung schwierig, mitunter sogar gefährlich wurde. Die Arbeit musste also Führern und Jägern überlassen werden. Wer nun schon selbst viel auf den Spitzen unserer hehren Alpenwelt gewesen, der kennt ja aus Erfahrung, wie leicht uns da oben nach einem mühseligen Ansteigen unter dem Einfluss der feinem Luft Apathie und Schwäche beschleicht, wie die grösste Geisteselasticität, Willenskraft und Energie uns da oben verlässt. Nun soll noch nach dem Aufsteigen, das an und für sich eine Arbeit ist, die Arbeit erst beginnen, ein Signal von mehreren Metern Umfang und  $2\frac{1}{2}$ —3 Metern Höhe errichtet, die Steine dazu erst gebrochen werden, die Zeit ist beschränkt, Nebel erregen Befürchtungen wegen der glücklichen Umkehr. Alle diese Factoren werden zu grösster Eile, zu einer Vollendung des Signales à tout prix treiben; dass dabei die Genauigkeit und Regelmässigkeit der ganzen Signalform leiden muss, liegt auf der Hand. Wenn das Ganze noch senkrecht steht, so muss man noch sehr zufrieden sein, ob auch eine Seite steil abfällt, während die andere sich allmählig verflächt. Ich hatte bei meinen Beobachtungen für die europäische Gradmessung im Hochgebirg der Schweiz und Savoyen mir mehrmals grosse Schwierigkeiten aus diesen ungenauen Signalformen hervorgehen sehen. In der Nähe des St. Gotthard ist es z. B. das Signal des Sixmadun, noch eines der niedrigsten Gipfel im Gradmessungs-Dreiecksnetz, dessen unregelmässige Form von Andermatt und der Oberalpstrasse aus schon mit freiem Auge bemerklich ist. Beobachte ich nun in einem solchen Falle excentrisch, so werde ich vom Instrument aus mit einem genau geprüften Messband (Stahlband) horizontal bis zum Signal und an dieser Stelle den Umfang desselben messen, ich werde diese ganze Operation bei einiger Gewissen-

haftigkeit in verschiedenen Höhen vornehmen und dadurch verschiedene Werthe für die Distanz ad Centrum erhalten, deren Mittelwerth dem wahren Centrum der Signalmasse sich am meisten nähert. Von einer andern entfernten Station aus werde ich die Unregelmässigkeit des anvisirten Signales nicht mehr unterscheiden können, ich werde das Ganze als eine symmetrische Masse sehen, und deren Centrum anvisiren, also dasselbe Centrum, auf das ich meinen excentrisch gemessenen Winkel transportirt habe. Bei einer centralischen Beobachtungsweise ist es dagegen sehr schwer, schnell an Ort und Stelle das wirkliche Centrum des Signales zu bestimmen, man ist darauf angewiesen, die Mitte der obersten Schicht als solches anzunehmen und diese kann eben um mehrere Centimeter, fast bis 4 Decimeter vom wirklichen und anderwärts her anvisirten Centrum abweichen, somit zu wirklichen Irrthümern führen. — In meinem speciellen Falle, wo die Signale kleinere Dimensionen hatten, ich die sorgfältige und genaue Erstellung derselben selbst überwachte, zog ich die centralische Beobachtungsweise vor, zumal ich bei meiner gedrängten Zeit gar nicht daran denken konnte, nur einen einzigen Winkel im Felde auszurechnen, ich also von keinem erwarteten Resultat beeinflusst war und dadurch auf den Stationen selbst die ganze Zeit für die Centrirung und Errichtung eines kleinen Beobachtungspfeilers geradezu gewann. Oft bin ich bei den gleich zu besprechenden Beobachtungen ganz knapp mit dem Verschwinden des letzten Signales auch mit meinen Operationen fertig geworden. Hätte ich noch die Arbeit der Centrirung gehabt, also Messen des Centrumswinkels und der Distanzen, die mindestens eine Viertelstunde absorbirten, so wäre ich mehrmals gezwungen worden, rein nur desshalb wiederzukommen und hätte dann meine

Arbeit unmöglich in der mir gegebenen kurzen Frist beenden können, ausserdem wurden durch die centralische Beobachtungsweise die spätern Rechnungen ungemein vereinfacht und mögliche Fehlerquellen beim Centriren davon fern gehalten.

Nach dieser kleinen Abschweifung kann ich zu den Beobachtungen selbst übergehen, auf die ich zwar bei den Resultaten ganz besonders zurückkommen muss.

Hiefür setzte ich mich mit den Telegraphenbeamten auf beiden Seiten des St. Gotthard in Verbindung, um jederzeit von dem Stand der Witterung genau unterrichtet zu sein, denn oft regierten Nebel und Regen auf der einen Seite, während der schönste Himmel auf der andern lächelte. Die Reihenfolge meiner Stationen, die bunt durcheinander gewürfelt zu sein scheint, beweist das zur Genüge. War für den folgenden Tag die Besteigung eines Gipfels festgesetzt, so wurden noch am Abend vorher, selbst wenn ich eben ermüdet von einer andern Besteigung zurückkehrte, alle nöthigen Vorbereitungen zu einem frühen Aufbruch für den folgenden Morgen getroffen. Ich selbst hatte mir von jedem Gipfel eine Scizze entworfen, auf der ich seine Lage zu der der anzuvisirenden andern Punkte sorgfältig verzeichnet, den Stand der Sonne und die Beleuchtung dieser Punkte für die verschiedenen Tagesstunden notirt hatte und mir darnach ein Verzeichniss und genaue Reihenfolge der vorzunehmenden Arbeiten für jeden Gipfel entworfen. (Morgens Horizontalwinkel vor der Sonne, Mittags Höhenwinkel im ganzen Umkreis, Nachmittags wieder Horizontalwinkel in entgegengesetzter Richtung, daher wiederum vor der Sonne.) Natürlich haben die besondern Verhältnisse, vor allem die berüchtigten Gotthardnebel, manche Aenderung in meinem anfänglichen Programm bedingt. Ich hatte

bei meinen Beobachtungen auf Hangendgletscherhorn, Titlis, Basodine etc., wo die tagtäglich wiederkehrenden Besteigungen den Körper wahrhaft aufrieben, nicht vergebens die Lehre gezogen, Alles, was sich nur einigermaßen vorher beim Glase Wein, selbst nur bei Polenta und Milch abthun liess, ja nicht zu unterlassen, um, einmal auf dem Gipfel angelangt, ohne Unterbrechung, ohne Zweifel und Wahl seiner Arbeit obliegen zu können. Eine versäumte Minute konnte ja eine neue mühselige Besteigung bedingen. Nie habe ich auf diesen Gipfeln eher etwas zu mir genommen, als bis die Arbeit beendet war oder wir im dichten Nebel sassen und nun hinlänglich Musse hatten, an das eigene Ich zu denken. Auch für die Wahl des Weges zum Aufsteigen war eine genaue Kenntniss des Sonnenstandes recht praktisch, um möglichst lange den erfrischenden Schatten zu geniessen.

Die Beobachtungen gingen, trotz der trostlosen Witterung während des Augusts und Septembers, ziemlich rasch und glücklich von statten. Vom 5. August bis 6. September, also innert 32 Tagen, habe ich auf den 43 Signalen des Hauptnetzes 27 Stationen gemacht; vom 6. bis 17. September, also in 11 Tagen, für das Anschlussnetz der Basis die Signale errichtet, 5 Stationen bewältigt und die Basis gemessen. An den Enden des Netzes waren es die ungeheuren Niveaudifferenzen der Schenkel ein und desselben Winkels, die die peinlichste Sorgfalt beim Beobachten verlangten und die Arbeit sehr erschwerten. Mehr als die Hälfte der Gesamtfehler in den Dreiecksschlüssen fallen diesen Enddreiecken zu. Auf Winterhorn, Gütsch, Kastelhorn, Piscium hatte ich es mit empfindlich kaltem Wind und auf den drei erstgenannten mit den frühzeitig anrückenden Gotthardsnebeln zu thun. Bätzberg und Pianalto, obwohl schwere und

hohe Stationen, waren mir sehr gewogen. Auf der Grenzscheide des St. Gotthard mehrten sich die Schwierigkeiten und damit auch die Besteigungen ganz ungemein. Ich meine ausser Sasso di Gottardo besonders Crasso di Dentro und La Fibia, ein wahres Glück für mich, dass sie die leicht erreichbarsten in meinem Netze waren, denn auf ersteren musste ich einzig und allein behufs der Beobachtungen sechsmal. Vom Gebrauch des Schirmes war hier und auch mehrmals auf andern Stationen wegen des heftigen Sturmwindes nicht die Rede, daher die Beobachtungen bei den fortwährenden Correctionen des Niveaus nur langsam fortschreiten konnten, in ihrer Güte zu wünschen übrig liessen. Hätte ich nur Beobachtungen nach einer Seite zu machen gehabt, so wäre ich fast an einem Tag fertig geworden. So aber bildeten diese Punkte gerade die Verbindung zwischen Urner- und Tessiner-Seite und selten herrschte eine gleichmässige Witterung auf beiden Abhängen. Sie bildeten vielmehr die ächte Wetterscheide des ganzen Gebirges, auf der einen Seite Sonne, auf der andern Sturm und Schneegestöber, die eine Hand erwärmt in italienischem Sonnenbrand, die andere erstarrt in nordischem Winter. Solchen Kampf der Winde, solche scharfe Abgrenzung der Witterung hatte ich noch nie gesehen. Bis zum scharfen Grate stürmten die Nebel von Norden an, darüber hinaus konnten sie nicht gelangen. Wie eine Mauer stauten sie sich empor, so dass wahrlich ohne Uebertreibung eine Hand in dieser dunkeln Wand verschwand, während die andere noch von der Sonne erwärmt wurde. Hier wäre ein meteorologisches Observatorium, zumal bei der Nähe des wohnlichen Hospizes, wohl ausführbar, an reicher Belehrung und wichtigen Aufschlüssen könnte es ihm nicht mangeln. Selbst die HH. Prof. Wild und Dove

würden hier am Ende zu denselben Schlüssen und zu einem Compromiss über die Natur des ächten Föhns gelangen.

Noch einer etwas unbehaglichen Episode auf Monte Prosa will ich hier gedenken, ehe ich zu den Resultaten übergehe. Es war an einem Donnerstag, den 5. August, als ich dort meine erste Station machte. Ich war schon ziemlich mit meinen Arbeiten vorgerückt und hatte höchstens noch auf eine halbe Stunde zu thun, als vom Finsteraarhorn her ein furchtbares Gewitter aufstieg. Ich hoffte noch bis zu seinem Herannahen fertig zu werden und beschleunigte demzufolge meine Beobachtungen möglichst, selbst den einen schreibkundigen Gehülfen liess ich anstatt meiner unter Dictat schreiben. Wie ich so ganz in meiner Arbeit vertieft bin, höre ich ein leises Knistern und Schwirren, wie wenn sich ein Insekt oder eine Fliege in den zahlreichen feinen Schräubchen meines Theodolithen verfangen hätte und sich loszumachen strebe. Ich sah nach, konnte aber nichts entdecken, zugleich hatte ich das Gefühl, als ob ein Käfer mir die Haare hinauf kröche. Ich rief deshalb meinem Oberländer Gehülfen zu: »Näht mir doch de Käfer furt,« erhielt aber zur Antwort: »Herr Ingenör, i gseh' nüt, ihr heit nüt da hinden.« Ich arbeite immer noch fort, wie ich aber wiederum mit beiden Händen die Kreise anfasse, um sie zu drehen, höre ich ein lautes Zischen und fühle dabei einen merklichen Schlag in meinem Körper, zugleich sträubten sich meine ganzen Haare unter der seidenen Beobachtungsmütze straff in die Höhe, während das ganze Instrument wahrhaft zu singen anfing. Wie ich aufblicke, ist das schwarze Gewölk schon über uns und berührte fast den Gipfel. Jetzt ward mir Alles klar, die schon oft vom Katheder herab angehörte Ausströmung der Electricität

aus Spitzen empfanden wir im höchsten Grade an uns selber, wir waren in einem furchtbaren Gewitter auf einem isolirten Gipfel, 50 Pfund Metall in der Hand. So schnell habe ich trotz aller complicirten Einrichtung wohl noch nie mein Instrument in sein Gehäuse wieder eingepackt, wohl keine halbe Minute verging darüber. Die Metallplatten, auf die ich dasselbe zur Schonung der Fusseschrauben stelle, wurden vergessen. Die Bergstöcke trugen, da es unterdess ganz finster wurde, wahre Lichtbündel auf dem nach oben gekehrten Ende. Etwas vom Gipfel herab hörte das Phänomen auf, um an einer zweiten Stelle noch einmal in geschwächtem Masse wiederzukehren. Ich wäre vielleicht nicht so auf den Tod erschrocken, als ich unsere Situation erkannte, hätte ich nicht im Frühjahr im Jura Herrn Oberst Buchwalder gesprochen, dessen trauriges Schicksal auf dem Säntis vielfach bekannt ist. Mit jugendlichem Feuer und sichtlicher Erregung hatte mir der jetzt silberhaarige Greis davon erzählt, wie unter ähnlichen Verhältnissen sein Gehülfe Gobat todt neben ihm geblieben, er selbst zeitweilig auf der einen Seite gelähmt worden und unter beständiger Todesangst, auf allen Vieren kriechend und sich fortrollend, zur nächsten stundenweit entfernten menschlichen Wohnung sich habe fortschleppen müssen. Kaum hatten wir den Gipfel etwa zwei Minuten lang verlassen, entlud sich unter heftigen Schlägen ein furchtbares Hagelwetter über unsern Häuptern. Die Schlossen hatten durchweg Welschnussgrösse, blaue und grüne Flecken auf den ausgesetzten Körpertheilen konnten davon erzählen, abgesehen von den corpora delicti selbst, die wir mit nach dem Hospiz brachten. Erst längere Zeit nachher las ich in alten Zeitungen, dass denselben Tag ein furchtbares Hagelwetter die Westschweiz heimgesucht, in Basel

fast alle Scheiben zertrümmert habe. Tag und Stunde coincidirten.

Die Beobachtungen auf den Stationen des Hauptnetzes, umfassten, da ich, wie schon gesagt, meine Aufgabe weiter auffassen musste, nicht nur die Winkelbeobachtungen für das Hauptnetz und alle möglichen und zulässigen Zwischenverbindungen zur Controlle der spätern Rechnungen, sondern auch die Höhenbeobachtungen aller sichtbaren Signale im Umkreise, auch der entferntesten, den Anschluss von fünf Punkten der Eidgenössischen Triangulation und eines Gradmessungspunktes. Aus diesen letztern Daten konnte ich eine richtige Länge und ein erstes richtiges Azimuth ableiten, doch durfte ich mich damit nicht begnügen, da in den Dreiecken, aus denen diese fünf Eidgenössischen Punkte bestimmt waren, durchweg der dritte Winkel geschlossen war, wie ich aus den Originalrechnungen auf dem Eidgen. Stabsbureau ersehen konnte und wie es mir der Augenschein an Ort und Stelle, nämlich unzugängliche oder durch Steinmannli völlig ausgefüllte Gipfel, noch erhärtete, da ferner die Triangulation auf Urner- und Tessiner-Seite in verschiedenen Jahren von verschiedenen Beobachtern ausgeführt worden, somit kein einheitliches Ganzes bildete, nicht ein Guss war. Desshalb entschloss ich mich noch in letzter Stunde zur Controlle, selbst eine Basis zu messen, wozu die Hochgebirgsebene zwischen Andermatt und Hospenthal, unverkennbar der ausgefüllte Boden eines frühern Gebirgssees, sich trefflich eignete, wodurch ich auch noch in unmittelbarster Nähe des Schachtes einen trigonometrischen Fixpunkt erhielt.

Diese Messung geschah mit einem 20<sup>m</sup> langen Stahlband von Kern in Aarau, bei einer Mitteltemperatur von 45<sup>o</sup> R., dasselbe wurde nach einer Nivellirlatte gleichmässig

und horizontal gespannt und die beiden Streckstäbe jedesmal richtig eingesenkelt. Doch schreibe ich dieser Art Messung keine besondere Genauigkeit zu, sie war aber die kürzeste und einfachste. Zum Ueberfluss liess ich dieselbe noch roh für einen etwaigen groben Irrthum durch Hrn. Geometer Schwarz, der den Parzellenplan des Tunnelleingangs bei Göschenen und den des Schachtes bei Andermatt aufnehmen sollte, mit Stäben und demselben Messband nachmessen.

Diese Basis schloss ich nun durch einige Zwischendreiecke, die die starke Steigung von der Thalsohle bis zu den Gipfeln allmählig überwinden sollten, durch die Seite Gütsch-Bätzberg an das Hauptnetz an: — Das zu den Winkelmessungen verwandte Instrument war ein 9" Theodolith von Starke in Wien mit durchschlagbarem Fernrohr (dem Eidg. Stabsbureau angehörend). Die Zahl der Repetitionen eines jeden Winkels im Haupt- und Anschlussnetz der Basis schwankt zwischen 20 und 34, meist aber 24, in Serien von 4—8 Beobachtungen, zu verschiedenen Tageszeiten, also bei verschiedener Beleuchtung, meist auch an verschiedenen Tagen ausgeführt, wodurch die Fehler aus Phase und irrthümlicher subjektiver Theilung des anvisirten Signals in zwei für den Beobachter scheinbar gleiche, in Wirklichkeit aber doch ungleiche Hälften so ziemlich aufgehoben werden mussten, und in beiden Lagen des Fernrohrs, wodurch eine kleine Differenz in der Stellung der Fernrohrträger, also ein nicht völlig senkrechtès Kippen des Fernrohrs oder eine etwaige excentr. Stellung desselben sich corrigiren musste. Alle andern weniger zeitraubenden Untersuchungen und Justirungen des Instrumentes, wie horizontale Bewegung der Kreise (Correction des Niveaus), senkrechte Stellung der Fäden, Zusammenfallen des Schnittpunctes der Fäden mit der optischen

Axe (Correction der Fäden) etc., fanden jedesmal vor Beginn der Beobachtungen statt. Die Zwischenverbindungen wurden mit 16-fachen Beobachtungen bewerkstelligt, ebenso der Anschluss des Sixmadun. Das Anbinden der 5 Eidgen. Fixpunkte geschah mit 8-fachen Winkeln. Die Höhe eines jeden Punctes wurde mindestens durch drei andere vor und rückwärts bestimmt, den Anfangspunct, der nur von zwei Signalen aus sichtbar ist, natürlich ausgenommen.

Mit diesem Material konnte also 1) die Streichrichtung des Tunnels, für uns also der Winkel auf dem Orientirungspfeiler zwischen einem der sichtbaren Signale und der gesuchten Tunnelaxe, 2) die richtige Länge der Dreiecksseiten und des Tunnels gerechnet werden. Mit den richtigen Längen und den gemachten Höhenbeobachtungen können 3) die Höhen der Signale und Tunnelleingänge über Meer bestimmt und mit dem directen Nivellement verglichen werden; ferner 4) von der Basis aus der Ansatzpunct des Lichtschachtes bei Andermatt angegeben, sowie 5) für einen etwaigen Versuch der oberirdischen Tunnelabsteckung über die zwischenliegenden fünf Gebirgsketten von zwei so ziemlich in der wahrscheinlichen Axe liegenden Signalen der seitliche Abstand der Tunnelaxe ermittelt werden.

Alle diese Arbeiten incl. Correspondenz, Bestellungen, Engagements und Abrechnungen, mehreren Reisen nach Zürich, Basel, Bern und Luzern, Bestimmung des Rayons für die Aufnahmen an den Tunnelmundlöchern und beim Lichtschacht, Einführung der betreffenden Herren Geometer in diese Arbeit etc. mussten trotz so mancher Unterbrechungen durch die Ungunst der Witterung bei einer durchschnittlichen Höhe der Signalpuncte von 2500—2800<sup>m</sup> über Meer in nicht ganz drei Monaten ausgeführt werden.

Manches hätte ich wohl genauer gewünscht, besonders die Basismessung gerne nach einer andern bessern, aber mehr Zeit beanspruchenden Methode ausgeführt, wenn es eben meine kurz zugemessene Zeit erlaubt hätte. Meiner Hauptaufgabe aber, sowie der trigonometrischen Höhenbestimmung bin ich völlig gerecht geworden, wie es die Resultate meiner eben beendigten Zusammenstellung der Dreiecke und die Höhenrechnungen erweisen. Ich kann demnach sagen, meine Aufgabe ist beendet und zu einem Abschluss in dieser Zeit gediehen, der den Beginn der Arbeiten zu jedem beliebigen Zeitpunkt ermöglicht. Wünschenswerth bleibt es aber und ist im Laufe der folgenden Jahre ohne Beeinträchtigung der Arbeiten gelegentlich noch auszuführen, dass meine Basis nachgemessen würde und noch eine zweite vielleicht in der Gegend des Hospizes oder auf der Poststrasse zwischen Brugnasco und Ambri sie controllirte, und zwar besonders dann, wenn die Längen, aus meiner Basis abgeleitet, allzu sehr mit denen, die aus den angeschlossenen Eidgen. Punkten resultiren, differiren sollten, natürlich nachdem die letztern vom Meeresspiegel, auf den sie sich beziehen, auf das Niveau von Andermatt, wo ich meine Basis gemessen, reducirt worden, eine Reduction, die auf ca. 4000<sup>m</sup> Länge schon 1 Meter beträgt. Seitdem habe ich diesen Vergleich meiner eigenen Messung mit den Eidgen. Angaben gemacht und gefunden, dass meine Längenwerthe in der Mitte stehen zwischen diesen unter sich sehr differirenden Bestimmungen, die also, wie ich anfangs schon beim Nachschlagen der Rechnungen vermuthete, für ein Werk von so grosser Schärfe und Genauigkeit, wie der Gotthard-Tunnel es sein muss, keine genügend brauchbaren Ausgangsdaten liefern können. Die directe Messung zweier Basislinien nach einer genauen guten Methode wäre demnach nach meiner Ansicht

eine bessere, aber zeitraubendere Procedur zur Erlangung richtiger Längen, als der von mir eingeschlagene Weg (Messung nur einer Basis und Anschluss einiger Eidgen. Punkte), dessenungeachtet kann ich mit Sicherheit aus diesen Vergleichen entnehmen, dass im schlimmsten Falle meine ganze Tunnellänge von über 15000<sup>m</sup> nur um 6 Decimeter zu kurz oder zu lang ist, während sie aber auch ebenso gut fast richtig sein kann.

Der allerrationellste und empfehlenswertheste Weg zur Erlangung absolut richtiger Längen, zur genauen Orientirung des Tunnels gegen die Berner Sternwarte wäre die Verlängerung der Triangulation, wenn auch nur in wenigen grössern Dreiecken beiderseits vom St. Gotthard thalabwärts, auf Urner-Seite bis zum Hundstock (B) bei Altorf, auf Tessiner-Seite bis zum Cramosino bei Giornico. Es sind diess, wie der bereits angeschlossene Sixmadun, ebenfalls Signalpunkte aus der europäischen Gradmessung, aus der Gradmessung, die bei grösserem Aufwand von Zeit und Mitteln, vielleicht die schärfsten Resultate zu erzielen im Stande war und von der man deshalb mit der grössten Sicherheit Ausgangs- und Controlldaten entnehmen dürfte. Die Seite Sixmadun-Hundstock gäbe eine genaue Ausgangslänge und ein erstes richtiges Azimuth, (zumal erst neuerdings die Meridiane der einzelnen Sternwarten und auf Rigi die astronomische Lage etlicher Dreiecksseiten durch Hrn. Professor Plantamour zu Gradmessungszwecken bestimmt wurde, um nämlich zuzusehen, ob die Differenzen zwischen den geodätischen und astronomischen Bestimmungen mit der für die bekannte Entfernung beider Punkte berechneten Convergenz der Meridiane stimme und um so rückwärts bei gefundenen Unterschieden auf locale Abweichungen in der bisher angenommenen Erdgestalt folgern zu können). Die Seite Sixmadun - Cramosino hingegen wäre die Controlle für

die Richtigkeit aller zwischenliegenden Arbeiten und für etwaige immerhin mögliche Rechnungsfehler. Hierbei ist nicht zu vergessen, dass dieser allerdings mit viel Aufwand von Zeit und Geld zu erstellende Anschluss eine Reihe genauester Zwischenpunkte liefern wird, die für das Tracé thalauflauf und thalab und die hierfür noch nöthigen Vorarbeiten von der grössten Wichtigkeit sind. Ich werde daher die Ausführung dieser Arbeit dem Tit. Gotthard-Comité als gründlichste Prüfung warm empfehlen. Es ist diess auch schon mündlich gegenüber Hrn. Dr. Alfred Escher geschehen, wobei ich seine volle Beistimmung dafür erhielt. Eine Besprechung mit Herrn Direktor Denzler oder Prof. Wild in Zürich und Einholen ihres Gutachtens ist ausserdem noch hierfür von mir in Aussicht genommen.

Dadurch wäre dann auch diese locale Arbeit an das gemeinsame Schweizernetz angeschlossen und es käme dann auch in der Triangulation, wie es durch Ausführung des Nivellements de précision allmählig in der ungeheuren Confusion der zahlreichen von einander unabhängigen Einzelnivellements Licht zu werden anfängt, ebenfalls zu einer grösseren Einheit, die ihren Gebrauch auch für andere Zwecke, besonders topographische, gestatten würde.

Eine letzte bereits von mir dem Tit. Gotthard-Comité mit Kostenvoranschlag zur Erwägung eingeschickte Arbeit ist der Versuch, die Tunnellinie oberirdisch über die Gebirgsketten abzustrecken. Ich hielt die Ausführung anfangs für absolut unmöglich, glaubte, die Linie würde an mehreren Stellen in unzugängliche senkrechte Wände fallen. Diese meine Ansicht hat sich im Laufe der Arbeiten an Ort und Stelle bei einer ungefähren Schätzung des Durchgangs der Tunnellinie etwas modificirt, indem ich sah, dass von höhern Punkten aus diese schwereren Stellen bei der Absteckung über-

sprungen werden können, nur das Kastelhorn über dem St. Anna-Gletscher 2977<sup>m</sup>, der höchste Punct in der Tunnellinie, könnte die Arbeit unmöglich machen. Bevor die Tunnellinie aber fixirt ist, lässt sich natürlich darüber nichts Bestimmtes sagen. Der Versuch, der an und für sich nicht viel kosten kann, zu welchem auch die nöthigen zusammenschraubbaren Eisenstangen schon an Ort und Stelle sind, ist jedenfalls indicirt, da er das überzeugendste Argumentum ad oculos gerade bei den Ungläubigsten für die Richtigkeit der gefundenen Tunnelaxe bildet, mich selbst einer grossen noch Jahre lang dauernden Verantwortlichkeit auf einmal überheben würde, mich sicher stellen müsste gegenüber einer ungenauen Verfolgung der angegebenen Richtung oder einer mangelhaften Controlle derselben bei den wirklichen Gesteinsarbeiten, da er schliesslich auch eine Controlle für den Ansatzpunct des projectirten Lichtschachtes bei Andermatt bildet und der Controllen bei einem so kostspieligen Werke, wie dieser Tunnel, nie zuviel sein können. Ich habe also diesen Versuch einer oberirdischen Absteckung dem Tit. Gotthard-Comité dringend empfohlen und seine Genehmigung bereits zugesichert erhalten.

Von den Resultaten der Rechnungen kann ich Folgendes angeben. Im Hauptdreiecksnetz, bestehend aus 41 Dreiecken mit 33 Winkeln, ist die Summe aller Fehler + 9.6 und — 6 Secunden, also mit einiger Wahrscheinlichkeit nur + 3.6 Secunden. Das von mir gebrauchte Instrument von 9" Durchmesser gestattet noch 10" Sec. abzulesen und kann ich demnach das Streichen des Tunnels nur auf 10" Secunden genau angeben oder bei Gebrauch aller 4 Nonien, die bis 25 Sec. unter sich differiren, auf 6 Sec. genau, wobei der Theilungs- und Ablesungsfehler, aber noch nicht der Beobachtungsfehler

berücksichtigt ist. Die erhaltene Genauigkeit für den Streichwinkel des Tunnels ist demnach grösser als die Unvollkommenheit des Instrumentes sie zu verwerthen erlaubt und natürlich nur die Folge der zahlreichen Repetitionen. Für die Art und Weise meiner Dreieckszusammensetzung muss ich hier anführen, dass ich die verschiedenen Beobachtungsserien ein und desselben Winkels nach ganz bestimmten Gesetzen in Rechnung gezogen, dass ich zur Bestimmung des Hauptmittels eines Winkels den Mitteln aus den einzelnen Serien je nach der Zahl der Repetitionen und je nach den Bemerkungen, obsehr deutlich, deutl., z. deutl., oscillirend, Phase, Sturmwind, dimm., s. dimm. etc., verschiedene aber ganz bestimmte Gewichte gegeben habe. Bei der Vertheilung der kleinen Differenzen (ausser dem Anfangs- und Enddreiecke meist nur Bruchtheile von Secunden) bin ich den Gesetzen der Wahrscheinlichkeitsrechnung gefolgt und habe sie gleichmässig auf jeden der drei Winkel vertheilt, nur da, wo die Gesamtbeobachtungsbedingungen zu verschiedene waren, um sie durchweg als gleichberechtigte anzuerkennen, bin ich davon abgewichen und in der Vertheilung der minimen Differenzen scheinbar willkürlich gewesen, doch mit vollem Bewusstsein, in der Ueberzeugung, dass der Beobachter, dem die erhaltenen Eindrücke noch frisch vor der Seele ständen, zu einer solchen Abweichung, resp. zu einem eigenmächtigen Gesetz berechtigt sei.

Nachdem die Winkel so ausgeglichen waren, wurde das Netz mit der Länge meiner gemessenen Basis durchgerechnet. Mit den erhaltenen Dreiecksseiten und einem ersten willkürlichen Azimuth, das nach der schon früher erwähnten Vergleichung mit den Eidgen. Angaben um circa  $51^{\circ} 20' 52''$  zu corrigiren (zu vergrössern) wäre, um sich auf die Sternwarte von Bern zu beziehen, wurden

die Coordinaten, d. h. die Abscissen und Ordinaten aller Signalpuncte gegen ein und denselben Nullpunct, bei mir Basis Nordende, bestimmt. Aus den Coordinatendifferenzen lassen sich nun die Distanzen zwischen zwei beliebigen Puncten im Dreiecksnetz, sowie ihr Winkel mit den durch den Nullpunct gelegten rechtwinkeligen Axen leicht rechnen, also auch Länge und Winkel Göschenen-Airolo oder vice versa angeben. Dieselbe Operation wurde auch mit den Zwischendreiecken vorgenommen und daraus wiederum die Coordinaten der Puncte gerechnet und aus den Coordinaten der Signale Göschenen und Airolo ihre Entfernung und ihr gegenseitiges Azimuth bestimmt.

Der so erhaltene Winkel für die Tunnelaxe war völlig übereinstimmend bis auf die Bruchtheile der Secunden  $303^{\circ} - 9' - 48''.2$  oder approximativ nach dem Bernermeridian orientirt  $354^{\circ} - 30' - 40''$  auf Göschenen; die ganze Länge von Orientierungsstein zu Orientierungsstein wurde erhalten mit  $15568^m.616$  aus den Hauptdreiecken und  $15568^m.563$  aus den Zwischenverbindungen, also mit einer Differenz von 5 Centimeter.

Wie ich schon oben gesagt, stehen diese meine Längen zwar in der Mitte der unter sich differirenden Eidgen. Angaben und könnten demnach völlig richtig sein, dessenungeachtet will ich diess, was ein blosser Zufall wäre, nicht annehmen, mich aber damit trösten, dass sie im schlimmsten Falle auf die ganze Länge von  $15568^m.6$  nur 6 Decimeter irren kann, was bei der Angabe des Steigens und Fallens der Sohle bei dem wahrscheinlichen geringen Gefälle des ganzen Tunnels nicht in Betracht kommt und ruhig zuwarten, bis die von mir vorgeschlagenen Wege zu einer noch schärfern Bestimmung der Länge geführt haben.

Die Niveaudifferenz zwischen Signalstein Göschenen und Signalstein Airolo ist laut der Angabe des Hrn. Prof.

Hirsch 18<sup>m</sup>.986. um welches Airolo höher liegt als Göschenen, eine Höhenzahl, die der Hr. Professor mir aber nur zu eigenem Gebrauche mitgetheilt hat, da sie noch durch Vergleichung der Nivellirlatten und einiger Rechenungs-differenzen eine Aenderung von 2 Millimeter erleiden kann.

Ich selbst kann nach Berechnung meines trigonometrischen Nivellements, wobei ich alle Beobachtungen bis auf eine einzige berücksichtigt habe, eine Differenz von 0,097, also nicht ganz 1 Decimeter, mit dem Ergebniss des Hrn. Prof. Hirsch constatiren, ein neuer Beweis für die Richtigkeit meiner Längen, deren geringstes Abweichen von der Wirklichkeit bei den grossen Depressions- und Elevationswinkeln bis zu 28° merkliche Differenzen hätten erzeugen müssen. Diese schöne Uebereinstimmung von zwei völlig getrennten und nach ganz verschiedenen Methoden ausgeführten Arbeiten spricht für die Güte des durch die Gradmessungscommission besorgten directen Nivellements und schliesst alle Befürchtungen in dieser Hinsicht aus; für eine Ablenkung des Bleiloches durch die Gebirgsmassen und für den Grad dieser Ablenkung lässt sich aus diesem Resultate nichts folgern, überhaupt bin ich seitdem zur Einsicht gelangt, dass die Anziehung der einzelnen Gipfel auf den Seiten des Passes zu unbedeutend sein müssen gegenüber der Anziehung der ganzen Gebirgsmasse, die auf beide Nivellements im gleichen Sinne, also senkrecht wirken musste. Solche Versuche mit Hoffnung auf Resultate wären am Fusse der Alpenkette anzustellen. Hingegen habe ich bei der Gegenseitigkeit aller meiner Beobachtungen gefunden, dass der bisherige, d. h. der für Berechnung der Eidgen. Höhen gebrauchte Refractionscoëfficient für diese Mittelhöhe von 2600<sup>m</sup> bedeutend zu hoch gegriffen ist und dass daher in dieser Beziehung mein trigonometrisches

Nivellement nicht zwecklos gewesen. Auch die schon im Jura gemachte Erfahrung, dass Höhenbeobachtungen vor Ausbruch eines Gewitters auffallende Divergenzen zeigen, so zu sagen werthlos sind, hat sich auch hier wieder vollständig bestätigt, indem allein die Höhenbeobachtungen auf Monte Prosa zur Bestimmung dieses Gipfels und des Fibiasignales Sprünge und Abweichungen zeigen, die unerklärlich wären, wenn eben nicht das oben geschilderte schreckliche Gewitter bald darauf losgebrochen wäre. Die Abweichungen sind in einem Sinne, für Gotthardspitze und Fibia zu hoch, daher auch mein Endresultat in diesem Sinne beeinträchtigt sein musste, und wirklich ist meine Differenz mit dem directen Nivellement von 1 Decimeter wiederum in diesem Sinne ausgefallen. Bei den Berechnungen konnte ich diese Beobachtungen aber nicht eliminiren, da meine Bestimmungen dann nur einseitige, nicht gegenseitige gewesen, die bei dem von mir angewandten Refractionscoëfficienten noch grössere Fehler zur Folge gehabt hätten.

Um nicht nur die Höhendifferenz zwischen Anfangs- und Endpunct des Tunnels zu haben, sondern auch die annähernd richtigen Höhen über Meer, habe ich für den Göschener Signalstein die auf das Wetlische directe Nivellement bezogenen Ausgangsquote von 1128<sup>m</sup>.330 über Meer angenommen und bin beim Kastelhorn bis zu 2824<sup>m</sup> angestiegen und bis Airolo wieder auf 1147<sup>m</sup>.414 gefallen. Diese Ausgangsquote steht mit der trigonometrischen Höhe des Sixmadun ganz im Einklang, hatte also unter den verschiedenen vorhandenen Nivellements den grössten Anspruch auf Richtigkeit. Die übrigen Eidgen. Punkte zweiter und dritter Ordnung differiren bald in dem einen, bald in dem andern Sinne, können aber, da sie nur einseitig beobachtet wurden, erst definitiv berechnet werden, wenn ich aus meinen gegenseitigen Beobachtungen

einen richtigen mittleren Refractionscoefficienten abgeleitet haben werde.

Um zum Schluss zu eilen, nur noch wenige Worte über den Schacht bei Andermatt. Derselbe ist bisher nur in Theorie festgesetzt, Näheres und Bestimmteres über seinen Ansatzpunct ist mir zur Zeit nicht bekannt. Der Rayon für die Detailaufnahme bei Andermatt wurde daher von mir ziemlich gross genommen, um grössern Spielraum für seine Auswahl zu haben. Jedenfalls scheint es mir, dass die geologischen Experten hier ein Machtwort zu sprechen hätten. Meines Erachtens nach wäre derselbe, um an Länge zu gewinnen, soweit rückwärts vom Tunnelleingange bei Göschenen zu nehmen als nur immer möglich und deshalb noch in den Nordabfall der Wannelen (auf der Dufour-Karte Gurschen-Alp) zu verlegen. Man käme dann, anstatt in aufgefüllten alten Seeboden, unmittelbar in anstehendes, festes Gestein, dessen Schichten allerdings senkrecht fallen und deshalb schwer zu bearbeiten und zu sprengen sind, aber auch grössere Sicherheit bieten und bedeutendere Wasserzuflüsse abhalten werden. Man gewänne zugleich auf die leichteste Art ein bequemes Aufschüttungsterrain und für die gehobenen Grundwasser einen natürlichen Abfluss. Diese kleine Erhöhung würde auch ein Benutzen des einen oder andern Zuflusses der Reuss als bewegende Kraft nicht im Geringsten ausschliessen, da die Uebertragung durch Gestänge schon ganz andere Schwierigkeiten zu besiegen hatte. Dieser Punct würde auch noch des Schutzes gegen Lawinen durch den Schutzwald oberhalb Andermatt theilhaftig.

Um nun meinerseits vorbereitet zu sein, habe ich den Schnittpunct der Tunnelaxe mit meiner zwischen Andermatt und Hospenthal abgesteckten Basis gesucht und bei 202,474 Meter vom Nordende der Basis aus gefunden.

Da ich nun von diesem Schnittpunct aus die Azimuthe aller sichtbaren Signale und auch das Azimuth Airolo, das hier dasselbe wie bei Göschenen sein musste, wenn der oberirdische Schnittpunct wirklich in der Tunnellinie lag, leicht berechnen konnte, so werde ich mit dem Theodolith, auf diesem Schnittpunct aufgestellt, nach dem einen oder dem andern der sichtbaren Signale unmittelbar die Tunnelrichtung nach Göschenen und Airolo zu angeben und die Auswahl des Schachtpunctes in dieser Linie durch die ganze Thalsole und die Gehänge hinauf frei stellen können. Für den Betrieb selbst werde ich aber ein Abteufen des Schachtes seitwärts von der Tunnellinie und erst ein unterirdisches Anfahren derselben energisch befürworten. Ein Missgriff hierin hat sich am Hauenstein so bitter gerächt; selbst die geringe Mehrarbeit, die aber für den Betrieb unbezahlbare Vortheile bringt, ist nicht verloren, da man im Schachtgesenk an und für sich grössere Ausdehnung für die markscheiderischen Operationen bedarf, wenn ein solcher Raum nicht vorhanden wäre, erst derselbe geschafft werden müsste. Die approximative Tiefe des Schachtes wird zwischen 300 und 314,2 Meter schwanken, je nach der Wahl des Ansatzpunctes und je nach der Steigung, die der Tunnel von Göschenen aus erhalten soll. Die Distanz zwischen Eingang des Tunnels und Schacht wird jedenfalls 4000<sup>m</sup> nicht reichen, da von Göschenen bis Schnittpunct söhlig gemessen nur 3546.<sup>m</sup> 4 sind.

Hiemit ist der vom Tit. Gotthard - Comité mir gewordene Auftrag und die mir selbst gestellte Aufgabe gelöst, der Gegenstand meines heutigen Vortrags erschöpft.

---