

Zeitschrift:	Zeitschrift des Vereins Schweizerischer Konkordatsgeometer [ev. = Journal de la Société suisse des géomètres concordataires]
Herausgeber:	Verein Schweizerischer Konkordatsgeometer = Association suisse des géomètres concordataires
Band:	4 (1906)
Heft:	2
Artikel:	Die geodätischen Arbeiten für die Bestimmung der Richtung, der Länge und der Höhenverhältnisse des Simplontunnels [Fortsetzung]
Autor:	[s.n.]
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-179219

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: 28.01.2026

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

Zeitschrift des Vereins Schweizer. Konkordatsgeometer Organ zur Hebung und Förderung des Vermessungs- und Katasterwesens

Jährlich 12 Nummern. Jahresabonnement Fr. 4.—

Unentgeltlich für die Mitglieder.

Redaktion:
J. Stambach, Winterthur.

Expedition:
Geschwister Ziegler, Winterthur

Die geodätischen Arbeiten für die Bestimmung der Richtung, der Länge und der Höhenverhältnisse des Simplontunnels.

(Fortsetzung.)

Wir haben in Nr. 1 der Zeitschrift auf die Dreiecksschlüsse hingewiesen, deren Abweichung vom Sollbetrage namentlich bei Dreiecken mit steilen Visuren größer war, als sich nach den Stationsausgleichungen erwarten ließ, und die Ursache in Lotstörungen, d. h. in der durch die Anziehung der Gebirgsmassen bewirkten Abweichung des Lotes von der Richtung gegen den Erdmittelpunkt gefunden. Wir gedenken die aus diesem Grunde bewirkten Projektionsfehler mit den verwandten, sich aus einer Neigung der Horizontaldrehaxe ergebenden, später besonders zu behandeln und geben deshalb jetzt nur an, daß das Volumen der auf einen Beobachtungspunkt wirkenden Bergmassen und deren Schwerpunkt bis auf Entfernungen von 8 Kilometern vermittelst der topographischen Karte in 1 : 50,000, darüber hinaus bis zu 32 Kilometern mit Hülfe der orohydrographischen Karte der Schweiz in 1 : 500,000 bestimmt wurden. Die größten Lotstörungen wurden für die dem Jungfraumassiv am nächsten liegenden Stationen Oberried und Birgischwald mit 21" bzw. 20" erhalten. Auf der Südseite erreicht die größte Lotstörung auf Station Alpe

Wolf den Betrag von $18,6''$; die Ausweichung der Vertikalaxe des Theodoliten vom wahren Lote steht beinahe senkrecht zur Richtung nach Axpunkt Süd. Da die Visur nach Axpunkt Süd zugleich um $23''\ 43'$ geneigt ist, ergibt sich für die Richtung Alpe Wolf bis Axpunkt Süd eine absolute Korrektion von $8''$ und eine relative von $5''$, wenn die Richtungen auf Monte Leone unverändert belassen, d. h. sämtliche Lotstörungen auf Monte Leone umgerechnet und dieser Punkt als frei von solchen betrachtet wird.

Die Einführung der korrigierten Richtungen erwies sich als sehr zweckmässig, der Widerspruch in den Dreiecksschlüssen verminderte sich von $3,1''$ auf $1,7''$, der maximale Schlüssfehler von $8,55''$ auf $5''$, gewiß ein sehr dankbarer Erfolg der Untersuchung.

Die Netzausgleichung war nun mit der Korrektion der Winkel infolge Lotstörungen vorbereitet, und es handelte sich um die geeignete Art des Vorgehens. Handelt es sich, wie es am Gotthard der Fall war, um ein Netz mit einer geringen Zahl von kontrollierenden Diagonalen, so daß die Anzahl der zur Bestimmung des Netzes überschüssigen Winkel und damit auch die Anzahl der Bedingungs- und Normalgleichungen eine beschränkte ist, wird man nach der Methode bedingter Beobachtungen ausgleichen, nach welcher man die Winkelverbesserungen direkt erhält. Wäre man bei der Simplontriangulation nach dieser Methode vorgegangen, so würden sich bei der großen Zahl überschüssiger Winkel 27 Bedingungsgleichungen ergeben haben und hätte die gleiche Zahl von Normalgleichungen gelöst werden müssen. Es wurde deshalb, um die Zahl der zu lösenden Normalgleichungen zu reduzieren, ein anderer Weg eingeschlagen. Zwei von den 11 Punkten des Richtungsnetzes wurden als gegeben betrachtet, und als Unbekannte die 18 Koordinatenverbesserungen der verbleibenden 9 Punkte eingeführt. Dieses Vorgehen führt auf nur 18 Normalgleichungen mit ebenso vielen Unbekannten, und reduziert die Anzahl der nötigen Eliminationen um mehr als die Hälfte, was einem ganz bedeutenden Zeitgewinne gleichkommt. Es ist dies ohne weiteres einleuchtend. Wir wollen, um eine Idee von der Auflösung so zahlreicher Normalgleichungen zu geben, dennoch anführen, daß dieselben mittelst einer Rechenmaschine von Burckhardt* doppelt gerechnet wurden und den Zeitraum von mehr

* Auf dem eidgen. topogr. Bureau fast ausschließlich in Verwendung.

als acht Tagen fortgesetzter angestrengter Arbeit in Anspruch nahmen. Ohne die Maschine hätten die gleichen Rechnungen einem geübten Rechner zirka dreimal mehr Zeit gekostet.

Nach der Ausgleichung des Richtungsnetzes ergab sich der mittlere Fehler einer Richtung zu $\pm 0,91''$, somit der mittlere Fehler eines Winkels zu $\pm 0,91 \sqrt{2} = \pm 1,27''$, der wahrscheinliche Fehler einer Richtung zu $0,67 \cdot 0,91'' = \pm 0,61''$.

Die Axrichtung wurde unter den Voraussetzungen berechnet

1. dass keine Lotstörungen bestehen,
2. unter Annahme von solchen.

Die Berechnung unter Annahme 2 ergab gegenüber 1 eine Änderung in der Tunnellänge von nur 3 cm, erheblicher sind die Richtungsänderungen. Vom Axpunkt Nord aus ergab sich eine Differenz von $1,55''$, vom Axpunkt Süd aus $3,66''$, und zwar bei Vernachlässigung der Lotstörungen für beide Axpunkte eine Drehung nach links. Bis in die Mitte des Tunnels ergaben sich demnach Abdrehungen im Betrage von

$$\frac{1,55}{206265} \cdot 10000 = 0,075 \text{ m und } \frac{3,66}{206265} \cdot 10,000 = 0,177 \text{ m,}$$

welche sich zu $0,252 \text{ m}$ addieren.

Wäre somit die Annahme der Lotstörungen ungerechtfertigt, so würde eine Abweichung von 26 cm beim Zusammenstoß die Folge gewesen sein.

Nach der Berechnung des Richtungsnetzes wurde die Berechnung und Ausgleichung des Anschlußnetzes mit der der eidgenössischen Triangulation entnommenen Basis Wasenhorn-Beiengrat durchgeführt und daraus das Azimut der Tunnelrichtung und die Tunnellänge abgeleitet.

Ein interessantes Kapitel ist der Genauigkeitsnachweis, von dem wir hier lediglich die Resultate anführen. Danach ergibt sich als Folge der Beobachtungsunsicherheit in der Triangulation der Betrag der wahrscheinlichen Abweichung beim Zusammentreffen zu rund 5 Centimeter, der wahrscheinliche Fehler in der Länge zu rund 10 Centimeter. Letztere Unsicherheit erreicht aber einen viel höhern Betrag, wenn man bedenkt, daß die Ausgangsseite Wasenhorn-Beiengrat von der im Tessin gelegenen Basis Giubiasco-Cadenazo abgeleitet, und somit selbst um den Betrag der Uebertragungsfehler in der Dreieckskette vom Tessin bis

ins Wallis unsicher ist. Mit Berücksichtigung dieser Uebertragungsfehler ergibt sich eine Unsicherheit, mit andern Worten ein wahrscheinlicher Fehler in der Tunnellänge von $\pm 0,56$ m.

Zur Ermittelung der Höhenverhältnisse standen zwei Nivellements über den Simplon aus den Jahren 1870 und 1873 zur Verfügung, welche indessen auf die 45,6 Kilometer betragende Strecke eine Abweichung unter sich von 116 mm, vom Mittel also von 58 mm ergaben. Die Toleranz wäre nach dem eidgenössischen Präzisionsnivelllement nur:

$$3 \text{ mm} \sqrt{45,6} = 20 \text{ mm}.$$

Der Grund dieser für Präzisionsarbeiten unzulässigen Abweichung ist in den namentlich durch Temperaturänderungen und wechselnden Feuchtigkeitsverhältnissen bewirkten Längenänderungen der Latten und in den unzulänglichen Lattenvergleichungen in der ersten Periode des eidg. Präzisionsnivelllements zu suchen, welche damals gewöhnlich nur bei Beginn und am Schlusse einer Arbeitsperiode stattfanden, während sie bei den neuern Präzisionsnivelllementen täglich vorgenommen werden. Es wurde deshalb vom eidg. topographischen Bureau ein Kontrollnivelllement angeordnet, und damit die Ingenieure Frey und Dr. Hilfiker beauftragt. Die beiden letzteren von einander unabhängigen Nivellements zeigen unter sich nur unerhebliche Abweichungen, gegenüber den früheren sind sämtliche Höhendifferenzen kleiner, und zwar nimmt der relative Fehler in der Nivellementsrichtung vorerst allmählich zu, um dann wieder etwas abzunehmen. Die größte Lattenunsicherheit trifft auf die erste Strecke, *NF* 86 bis *NF* 88, beim Abstieg südwärts.

Von hohem Interesse sind die trigonometrischen Höhenmessungen, welche gleichzeitig mit der Messung der Höhenwinkel vorgenommen wurden und damit die Bestimmung der Konstanten für den Einfluß von Erdkrümmung und Refraktion. Es ergab sich nämlich eine Abhängigkeit dieser Konstanten von der Meereshöhe, welche durch die Formel

$$\log. (K + R) = 2,636 - 10 + 0,000\,081 \cdot h$$

in welcher h die Meereshöhe bedeutet, ausgedrückt werden kann.

Leitet man die Höhe von Sgl. Monte Leone von Norden und Süden aus ab, so ergibt sich eine Differenz der trigonometrischen Höhenmessung mit dem Präzisionsnivelllement von nur 3 cm, eine für trigonometrische Höhenmessungen ganz unerwartete Übereinstimmung.

Nachdem wir in großen Zügen die Arbeiten außerhalb des Tunnels besprochen, erübrigt uns noch eine kleine Erörterung der Übertragung der Richtung in das Innere des Tunnels. Aus dem Richtungsnetze geht hervor, daß die Axpunkte Nord und Süd mit je drei trigonometrischen Punkten in Verbindung stehen, daß somit die Tunnelrichtung mit aus-

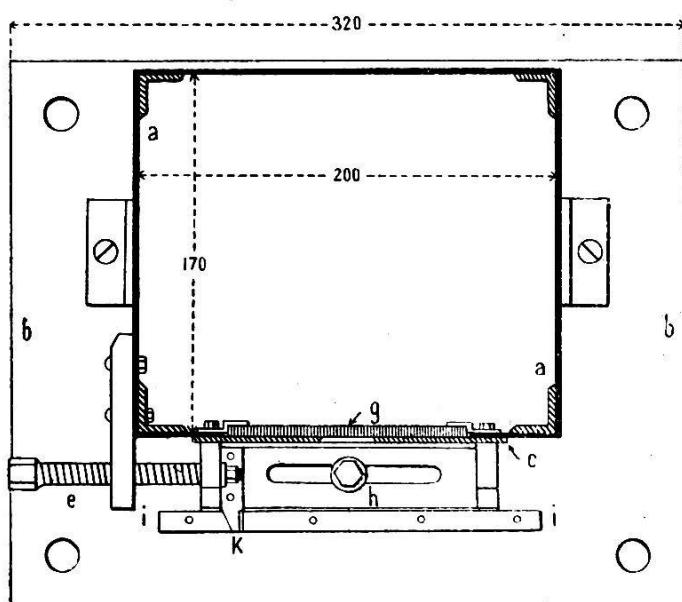
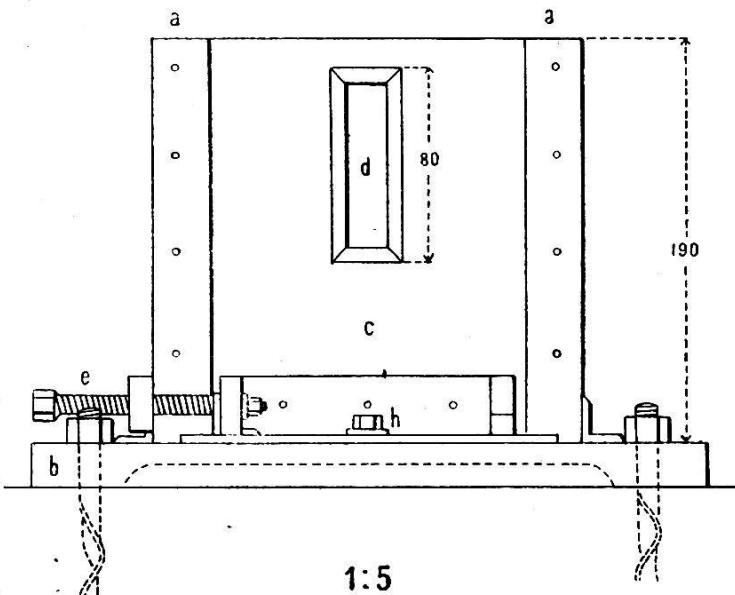
reichender Kontrolle angegeben werden kann. Auf jedem Axpunkte wurde zu diesem Zwecke eine Visiermarke in möglichst großer Entfernung in der Vertikalebene des Tunnels angebracht (s. Fig). Dieselbe besteht aus einem gußeisernen Kasten mit seitlich verschiebbbarer Vorderwand, in der eine rechteckige, innen durch eine Milchglasplatte abgeschlossene Öffnung sich befindet. Bei Tage bildet die in dem Ausschnitte erscheinende Milchglasplatte ohne weiteres das Zielobjekt, zur Nachtzeit wird

eine Petroleum-

lampe in den Kasten

hinter dieselbe gestellt. Die Gußplatten, auf dem diese Kasten stehen, sind in Felsnischen angebracht und mit dem Felsen fest verankert. Nach jedem Gebrauch werden die Visierkästen durch eine eiserne Tür abgeschlossen.

Ansicht



Horizontalschnitt

Feste Visiermarke in der Tunnelrichtung.

Zur genauen Bestimmung der Visiermarken wurde die Lage der Kasten mit der Visierspalte durch einige Winkelmessungen vorläufig festgelegt. Sodann fanden auf den Axpunkten Winkelmessungen zwischen der Visiermarke und den benachbarten Signalen statt und es wurden die so erhaltenen Winkel mit den aus der Triangulation resultierenden definitiven Winkelwerten verglichen und die Korrektion für die Visiermarke berechnet. Das Mittel der Korrekctionen für die drei Anschlußwinkel ergab dann den definitiven Wert für die mit der seitlich angebrachten Korrektionsschraube bewirkte Verschiebung der Marke.

Auf der Nordseite wurden zum Zwecke der genauen Bestimmung der Visiermarke 472, auf der Südseite 384 Winkelmessungen zu verschiedenen Jahres- und Tageszeiten gemacht. Es erwies sich eine so überraschend große Anzahl von Kontrollmessungen als notwendig, weil die zu verschiedenen Zeiten gemessenen Winkel unter sich viel größere Abweichungen zeigten, als der aus den Beobachtungen abgeleitete wahrscheinliche Fehler zu schließen gestattete. So ergab sich z. B. auf der Südseite der Winkel Tunnelrichtung-Genuina zu:

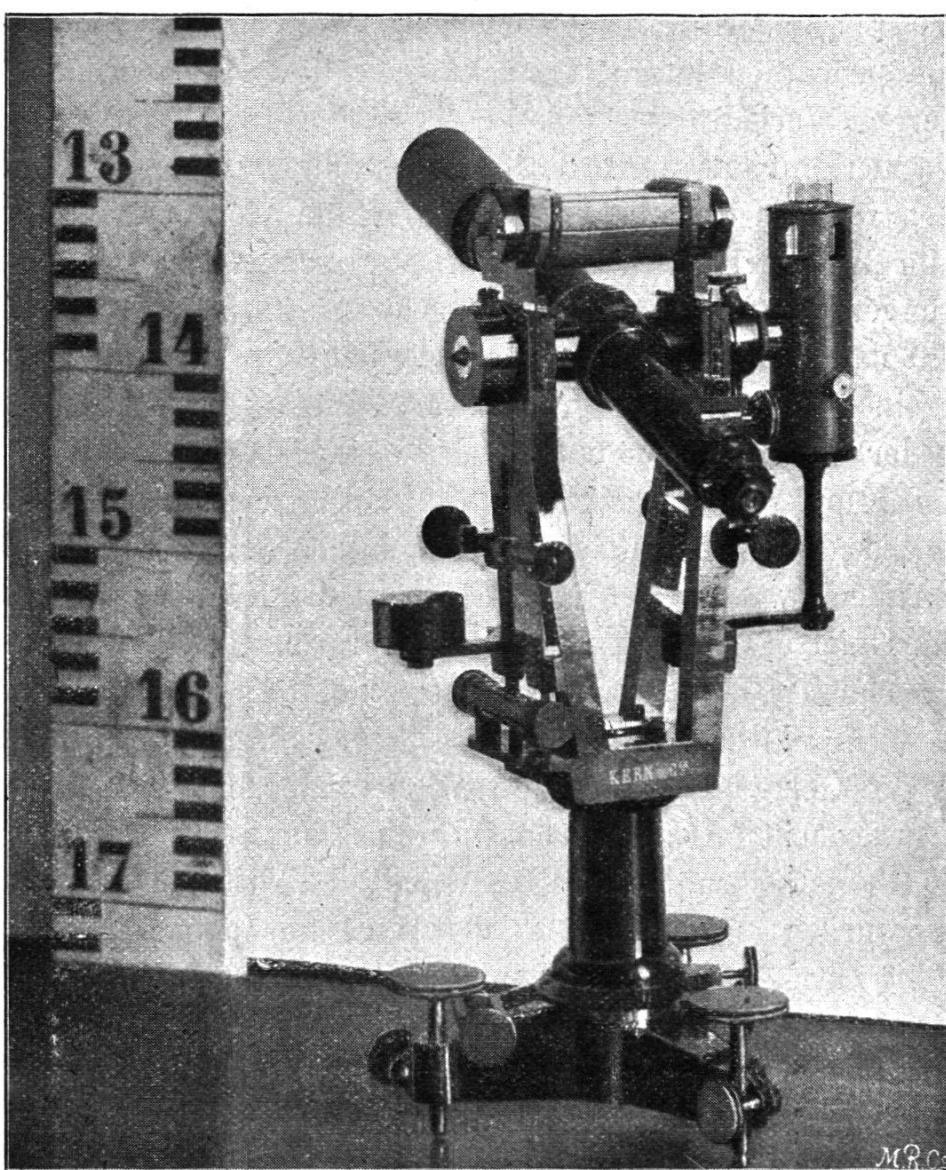
Datum				Repetitionszahl
XII. 98	140	36	$15,43'' \pm 0,89''$	44
IV. 99			$7,78'' \pm 1,31''$	32
VI. 99			$10,64'' \pm 0,68''$	88

Die Visur Axpunkt-Genuina streicht nun auf die Hälfte ihrer Länge an den Wänden des tief eingeschnittenen Diveriatales vorbei, deren wechselnde Wärmestrahlungen unter verschiedenen atmosphärischen Verhältnissen offenbar seitliche Refraktionen veranlaßten. In ähnlicher, nur in weniger grellen Weise zeigten auch die andern Visuren mit Ausnahme der Steilvisur Axpunkt Süd-Alpe Wolf laterale Störungen.

Nachdem die Hauptvisiermarken festgelegt waren, wurden auf der Nordseite in der rückseitigen Verlängerung, auf der Südseite in der Tunnelrichtung noch Kontrollmarken durch Einstellen auf die Hauptmarke und Kippen resp. Durchschlagen des Fernrohrs festgelegt. Da die Pfeiler der Axpunkte während des Baues nicht genügend gesichert schienen, wurden zudem in der Tunnelrichtung rückwärts bei beiden Axpunkten Pfeiler, eigentliche Observatorien gebaut, kreisrunde Gebäude, in deren Mitte ein solid fundierter Monolithpfeiler zur Aufnahme des Absteckungsinstru-

mentes gestellt wurde. Auf der Mitte des Pfeilers wurde ein Messingbolzen mit feiner Marke in ähnlicher Weise in die Tunnelrichtung eingewiesen, wie die Kontrollmarken, außerdem die Stellung der Nivellierschrauben des Instrumentes durch eingesetzte mit feinen Grübchen versehene Metallbolzen fixiert. Diese

Absteckungsinstrument.



Observatorien schützten zudem die Beobachter vor den wechselnden Einflüssen der Witterung bei den periodischen Verifikationen der Tunnelaxe. Gewöhnlich fanden jedes Jahr ~~deren~~ zwei statt; es mußten während denselben die Arbeiten jeweils 24—32 Stunden eingestellt werden. Es kamen auf jeder Seite 2 Absteckungsinstrumente von gleichem Bau von der Firma Kern & Cie. in Aarau zur Verwendung, ein größeres mit 40facher Fernrohrver-

größerung auf den Observatorien, ein kleineres, dessen Fernrohr 30fache Vergrößerung gab, im Tunnel. Die Fernröhren sind zum Durchschlagen und Umlegen eingerichtet, erlauben also eine vollständige Kompensation von Fehlern der Horizontalen und der Zielaxe. Zur Beleuchtung des Fadenkreuzes ist eine Petroleumlampe angebracht, deren Licht durch die rechts ausgehöhlte Drehaxe geht und durch ein Prisma auf das Fadenkreuz reflektiert wird.

Die Verlängerung der Tunnelrichtung in das Innere derselben ist nun prinzipiell ja eine einfache Operation, die aber unter den schwierigen Verhältnissen eine äusserste Sorgfalt erforderte. Wir wollen hier nur anführen, daß die Absteckungen sich in definitive für den fertigen Teil des Tunnels und in provisorische für den noch im Bau begriffenen gliederten. Zur Angabe der provisorischen Richtungen wurden in Abständen von je 200 Meter Eisenbolzen von 20 cm Länge, welche einen Querarm aus Messing, in dessen Mitte ein Einschnitt angebracht war, trugen, mindestens 20 cm unter der Schwelle der Betriebsgeleise eingelassen und durch eine eiserne Kappe mit Deckel geschützt. Der Einschnitt des Querarms gab die provisorische Tunnelrichtung an. Bei den Hauptabsteckungen wurden, wo es nötig war, die Kappen entfernt und die korrigierte Richtung auf dem Querarm eingeritzt. Bei der ausgezeichneten Lüftung des Tunnels konnten, was am Gotthard nicht der Fall war, große Stationsdistanzen genommen und dadurch die Genauigkeit der Absteckung wesentlich erhöht werden. Fein ausgedachte Absteckungsstative mit korrigierbarem Oberbau, auf die abwechselnd die Signallampe und das Absteckungsinstrument gestellt wurden (ähnlich wie bei den Winkelmessungen der Polygonzüge der Zürcher Stadtvermessung), boten eine weitere Gewähr für die Genauigkeit der Operation.

Bei jeder Hauptabsteckung wurde für den fertigen Teil des Tunnels ein Präzisionsnivelllement und eine sorgfältige Bestimmung der Tunnellänge vorgenommen.

Zwei in der Nähe der Tunnelportale angebrachte Komparatoren erlaubten eine genaue Vergleichung der hölzernen Stangen vor und nach der Messung. Um die Messung von den Kontaktfehlern und dem Einfluß der sich an den Stangenenden ansetzenden Unreinigkeiten unabhängig zu machen, wurde zwischen je zwei Stangenlagen ein kleiner Zwischenraum gelassen, der mit einem Kalibermaßstab gemessen wurde, ebenso die Neigung jeder Stange

mittelst Niveau- und Kalibermaßstab gemessen und schließlich diese Reduktionen am Endergebnis angebracht. Professor Rosenmund schätzte beim Verfassen seines Berichtes (1901) die Genauigkeit der Längenmessung zu 1 : 20,000, eine Annahme, die sich in der Folge als zutreffend erwiesen hat. (Schluß folgt.)

Güterzusammenlegungen und Bodenverbesserungen im Kanton St. Gallen.

Es regt sich in den Kreisen der Kulturtechniker und Geometer. Herr C. Zwickly, Professor der Kulturtechnik am eidg. Polytechnikum brachte im Zürcher Ingenieur- und Architektenverein einen Vortrag über „Ausgeführte Güterzusammenlegungen in den Nachbarkantonen und deren Nutzanwendung für den Kanton Zürich“. Dieser Vortrag ist durch Herrn J. Girsberger, kantonaler Kulturingenieur, in den Nummern vom 3. und 4. Januar 1906 der N. Z. Z. besprochen, und die Mängel der zürcherischen Agrargesetzgebung mit anerkennenswerter Offenheit aufgedeckt worden. Fast gleichzeitig erschien in der Zürcher Post in den Nummern vom 22. und 23. Dezember 1905 eine Arbeit von Herrn Stadtgeometer Fehr, deren Bedeutung die eines gewöhnlichen Zeitungsartikels auch für größere Kreise weit übersteigt, namentlich aber den Fachgenossen Anregung und Belehrung bieten wird. Wir glauben auf allgemeine Zustimmung zählen zu dürfen, wenn wir die interessante Arbeit in ihrem vollen Wortlauten in unser Organ aufnehmen.

Zwanzig Jahre ist es nun, seit der Mitbegründer der „Zürcher Post“ und geistige Urheber des eidgenössischen Meliorationsgesetzes, Nationalrat Theodor Curti, in einem Leitartikel, betitelt: „Ein Stück Gemeindesozialismus“, die erste im Kanton St. Gallen systematisch durchgeführte, größte Güterzusammenlegung der Schweiz über ein Gebiet von 317 Hektar im st. gallischen Bezirk Werdenberg besprach und die Wünschbarkeit der Wiederholung solcher gemeinnützigen Werke hervorhob. („Zürcher Post“ Nr. 230, Jahrgang 1886.)

Die glückliche, die Beteiligten in hohem Grade befriedigende Durchführung der erwähnten Güterzusammenlegung, die eine Verminderung der Parzellenzahl um 92 % brachte und die erheb-