Zeitschrift: Schweizerische Geometer-Zeitung = Revue suisse des géomètres
Herausgeber: Schweizerischer Geometerverein = Association suisse des géomètres
Band: 10 (1912)
Heft: 12

Artikel: Die Absteckung des Lötschbergtunnels [Fortsetzung]
Autor: [s.n.]
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-182160

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. Siehe Rechtliche Hinweise.

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. Voir Informations légales.

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. See Legal notice.

Download PDF: 26.04.2025

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

Hierüber referiert namens des Vorstandes Kantonsgeometer Possert, in dem Sinne, dass eine Honorierung von fachwissenschaftlichen Arbeiten zu begrüssen sei, ein 14tägiges Erscheinen unseres Blattes und Erscheinen sämtlicher Artikel in beiden Sprachen wäre aber zum mindesten verfrüht und die Kasse zu stark belastend; wenn einmal die Schulfrage gelöst ist, werde sich auch die weitere Ausgestaltung unserer Zeitschrift von selbst ergeben. Ein Antrag des Vorstandes in obigem Sinne an den Zentralvorstand wird von der Versammlung gutgeheissen.

Präsident Kreis orientiert die Anwesenden, dass die Genehmigung der Vermessungs-Verträge von Jona und Tablat durch das eidgenössische Vermessungsinspektorat noch ausstehe. Beide Gemeinden sind letzter Tage von der eidgenössischen Taxationskommission zur Taxation in Augenschein genommen worden; das Resultat steht aber noch aus.

Für die bevorstehende Delegiertenversammlung zur Besprechung der neuen Zentralstatuten werden als Delegierte bestimmt: Grob, Sigg und Schweizer.

Unter allgemeiner Umfrage wünscht Schäffeler, unser Verband sollte mit der Presse in besserer Fühlung stehen; durch die Presse könne die Bevölkerung über die nicht beneidenswerte Lage unseres Standes und diesbezügliche irrige Anschauungen am besten aufgeklärt werden; der Vorstand möge diese Angelegenheit prüfen und der Sektion zu Handen des Zentralvorstandes Bericht und Antrag unterbreiten.

St. Gallen, den 10. Dezember 1912.

Der Aktuar: *Rud. Sigg.*

Die Absteckung des Lötschbergtunnels.

(Fortsetzung.)

Als zweite Grundlage einer Tunnelabsteckung haben wir das *Präzisionsnivellement* genannt.

Der Lötschbergtunnel liegt innerhalb des grossen Polygons Bern-Lausanne-Martigny-Brig-Furka-Altorf-Schwyz-Luzern-Brünig-Thun-Bern des schweizerischen Präzisionsnivellements. Diese Schleife hat eine Gesamtlänge von 553,3 km und nach der Ausgleichung einen Schlussfehler von 179,4 mm. Es ist der grösste Linienzug des schweizerischen Nivellements, und es sollte deshalb durch einen Querzug über die Grimsel eine

Kontrolle geschaffen werden. Das Doppelnivellement dieser Strecke wurde unter Witterungsverhältnissen ausgeführt, welche die Lattenänderungen sehr begünstigten, und ergab deshalb ein so ungenügendes Resultat, dass man es vorzog, dasselbe von der Ausgleichung für das ganze Netz auszuschliessen. Die jetzige tägliche Lattenvergleichung war damals noch nicht vorgeschrieben, weil man die Wirkung von rasch wechselnder Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf die Lattenlänge unterschätzte.

Um von dem Hauptpolygon zum Lötschbergtunnel zu gelangen, wurden durch die schweizerische Landestopographie zwei Abzweigungen doppelt nivelliert, die eine nördliche von Spiez bis Kandersteg, die andere südliche von Gampel bis Goppenstein. Von den Endpunkten derselben wurden dann vermittels Spezialnivellements die Höhen der Observatorien und Fixpunkte in der Nähe der Tunnelportale bestimmt.

Das Polygon Spiez-Kandersteg-Lötschbergtunnel-Goppenstein-Gampel hat eine Länge von rund 60 km. Das Hauptpolygon wurde zwischen den Jahren 1865 und 1887 nivelliert, die Strecke Spiez-Kandersteg 1899, Gampel-Goppenstein 1906. Der mittlere Kilometerfehler in den der ersten Periode angehörenden Strecken kann nicht unter ± 3 mm angenommen werden; für Spiez-Kandersteg beträgt derselbe nach Professor Bäschlin $\pm 0{,}74$ mm und für das schwierige Nivellement in der Lonzaschlucht Gampel-Goppenstein $\pm 1{,}73$ mm. Prof. Bäschlin gelangt durch die Zusammenstellung der mittleren Fehler der Teilstrecken vom Nordende bis Südende Lötschbergtunnel zu einem mittleren Anschlussfehler von

$$\pm 63{,}3 \text{ mm},$$

entsprechend einem Grenzfehler vom Dreifachen dieses Wertes, so dass gemäss der Fehlertheorie, abgesehen vom Fehlen im Tunnelnivellement selbst, ein Höhendurchschlagsfehler von 19 cm möglich gewesen wäre. In Wirklichkeit ergab sich derselbe zu *102 mm*, also wenig mehr als die Hälfte des Maximalfehlers. Da diese Zahl innerhalb der durch die Fehlertheorie gegebenen Grenzen liegt, ist die Differenz von $102 - 63{,}3 = 38{,}7$ mm nicht dem Tunnelnivellement als solchem zur Last zu legen; es ist vielmehr anzunehmen, dass dasselbe zum Abschlussfehler nur unwesentlich beigetragen hat.

Die *innere Absteckung des geraden Tunnels* ist prinzipiell eine einfache Sache; ihre besondere Schwierigkeit liegt in den örtlichen Verhältnissen und der ausnahmsweise verlangten hohen Genauigkeit. Als Absteckungsinstrument wurde ein Theodolit ohne Teilkreise, von Kern & Cie., ähnlich dem am Simplon verwendeten (Abbildung s. Ztschr. 1906, S. 23), benutzt, mit 2 Alhidaden- und Queraxenlibelle, Fernrohr zum Durchschlagen und Umlegen eingerichtet; die auf einer Seite durchbrochene Horizontaldrehaxe erlaubt, das Licht einer Glühlampe auf einen unter 45° gegen die Zielaxe stehenden kleinen Spiegel fallen zu lassen, von dem es in die Richtung des Fadenkreuzes reflektiert wird, so dass die Fäden schwarz im hellen Feld erscheinen. Die vier schweren eisernen Stative sind derart eingerichtet, dass auf denselben ein Oberstativ mit 3 Stellschrauben und einem quer zur Tunnelaxe verschiebbaren Schlitten aufgestellt werden kann. Die jeweilige Lage des Schlittens wird an einer Millimeterteilung abgelesen. Dieses Oberstativ dient abwechselnd für die Aufnahme des Theodoliten und der Zielmarken in ähnlicher Weise, wie bei der Polygon-Winkelmessung der Stadtvermessungen. Als Zielmarke dient eine Azetylenflamme, die hinter einem genau zentrisch stehenden Blechstreifen, mit rechteckigem Visierschlitz und regulierbarer Breite gestellt wird. Nach Bedarf kann das Licht durch eine vorgeschobene Milchglasplatte gedämpft werden.

Die erste Absteckung ins Tunnelinnere erfolgt natürlich von den Observatorien aus. Der Theodolit wird auf dem Beobachtungspfeiler aufgestellt, das Fernrohr auf Syl-First (südlich Goppenstein) gerichtet, das Fernrohr durchgeschlagen, durch telephonische Verständigung (Visierflamme) die Zielmarke genau in die Visur gebracht und deren Stand an der Millimeterteilung abgelesen. Hierauf folgt eine Drehung der Alhidade um ungefähr 180°, Einstellung auf Syl-First, Durchschlagen und Einweisen der Zielflamme, nochmalige Ablesung an der Millimeterteilung. Die Operation wird viermal wiederholt, aus den Einzelablesungen an der Teilung das Mittel gezogen, und diese Lage als definitiv auf den Bodenpflock hinuntergelotet. Die Bodenpflöcke sind in Zementklötze eingekittet; ein eingetriebener Eisenbolzen mit rundem Kopf und eingeschlagenem Körnerloch bestimmt einen Punkt, der nahe der Axe, aber nicht unbedingt

in derselben liegen muss. Solche (Richtungs-) Bodenpflöcke wurden durch die Bauingenieure in Abständen von 100 m auf Grundlage der ihnen mitgeteilten Richtungselemente angebracht. Bei der Absteckung wurde so vorgegangen, dass wie bei dem gewöhnlichen Einweisen einer Geraden, zuerst ein möglichst weiter Punkt genau bestimmt und sodann auf das Endsignal die weiteren Einweisungen folgten. Die Normaldistanz ergab sich für diese Operation zu 600 m, einmal konnte bis zu 2550 m gesehen werden; sehr oft aber musste wegen schlechten Luftverhältnissen bis auf 400 und 200 Meter heruntergegangen werden. Wird weiter hinein in den Tunnel gearbeitet, so tritt der letztbestimmte Punkt an die Stelle des Observatoriumspfeilers; die durch diese beiden Punkte gegebene Richtung wird Ausgangsrichtung und die Operation geht in gleicher Weise weiter.

Solche Hauptabsteckungen nahmen in der Regel 24 Stunden, ausnahmsweise auch 48 Stunden in Anspruch. Während derselben mussten die Arbeiten eingestellt und vor denselben der Tunnel gründlich gelüftet werden. Gleichzeitig mit der Hauptabsteckung wurden ein Präzisionsnivellement und die Messung der Tunnellänge ausgeführt. Dabei fand natürlich eine Arbeitsteilung in die drei Gruppen Richtungsbestimmung, Nivellement und Längenmessung statt.

Zum Zwecke der Kontrolle wurden die Pflöcke bei nachfolgenden Absteckungen wiederholt bestimmt; diese Massregel erwies sich aber auch notwendig, um durch äussere Gewalt verursachte Veränderungen konstatieren zu können, oder in Druckpartien die Bewegung des Gebirges von einer Absteckung zur anderen kennen zu lernen. Es zeigten sich dabei namentlich auch Erhebungen der Sohle.

Nach den oben beschriebenen Grundzügen wurden die Absteckungsarbeiten am Lötschbergtunnel durchgeführt, bis ein im Tunnelbau bis jetzt nie vorgekommenes Ereignis die ganze Sachlage änderte und eine Abänderung des Bauprogramms notwendig machte. Der geradlinige Lötschbergtunnel führt in seiner nördlichen Partie unter dem Gasterntale durch, das von hohen, steilen Gebirgsmassen beidseitig eingeschlossen und durch einen Querriegel abgeschlossen ist. Dadurch entsteht ein ähnlich geformtes Becken, wie hinter der Staumauer eines Wild-

baches, das sich im Laufe der Zeit mit Geschiebe füllt. Die Frage, ob dies Geschiebesammelbecken bis oder noch unter die künftige Tunnelröhre hinabreiche, wurde von den Geologen verneint und deshalb das ursprünglich geradlinige Trace gewählt. Wie bei dem Bau des Simplontunnels die Voraussagungen der Geologen peinliche Ueberraschungen nicht ausschlossen, so auch in katastrophaler Weise am Lötschberg. Als der Stollenvortrieb genau an der Stelle angekommen war, wo ungefähr 400 Meter vertikal darüber die Kander fliesst, erfolgte der Einbruch einer aus Wasser, Schlamm und Geschiebe bestehenden Masse mit solcher Vehemenz, dass der Stollen bis auf eine Länge von über 1 km damit angefüllt wurde und nun das Grab sämtlicher in der Strecke befindlichen Arbeiter bildet. Angesichts dieser Sachlage entschloss sich die Unternehmung, die gefährliche Stelle durch eine Abänderung des Traces zu umgehen, wie es in unserer Figur 2, „Lageplan und Längenprofil des Lötschbergtunnels“ (s. pag. 320), dargestellt ist. Es liegt auf der Hand, dass dadurch die Absteckungsarbeiten sehr wesentlich kompliziert werden mussten. War das Zusammentreffen bei beidseitig geraden Tunnelhälften, da es sich nur um die *genaue Verlängerung der* auf beiden Seiten festgelegten *Tunnelrichtungen* handelte, mit absoluter Sicherheit innerhalb einem halben Meter zu erwarten, so trat nun die Frage hinzu, welchen Einfluss eine Ungenauigkeit in der ganzen Tunnellänge auf den Durchschlag auszuüben vermöge. Die zweite Gerade vom nördlichen Tunnelportal aus ist gegen die ursprüngliche Tunnelaxe um $\alpha = 41^0\ 33'$ geneigt; die dritte Gerade, in welcher voraussichtlich der Durchschlag stattfinden musste, um $\alpha = 16^0\ 42'$; denkt man sich nun in unserer Figur die eine Tracehälfte um einen Betrag d parallel zur Hauptaxe verschoben, so beträgt die Querabweichung im Zusammentreffen d sin α

für die zweite Gerade u. d = 1,0 = 0,663 m,
„ „ dritte „ u. d = 1,0 = 0,287 m.

Nach den Untersuchungen von Prof. Bäschlin konnte er als sicher annehmen, dass im trig. Netz des Berner Oberlandes in einer Entfernung von rund 75 Kilometer von der Aarberger Basis die Seitenunsicherheit im ungünstigsten Falle nicht über 1:15,000 gehen könne; das würde rund 1 m für die ganze Tunnellänge

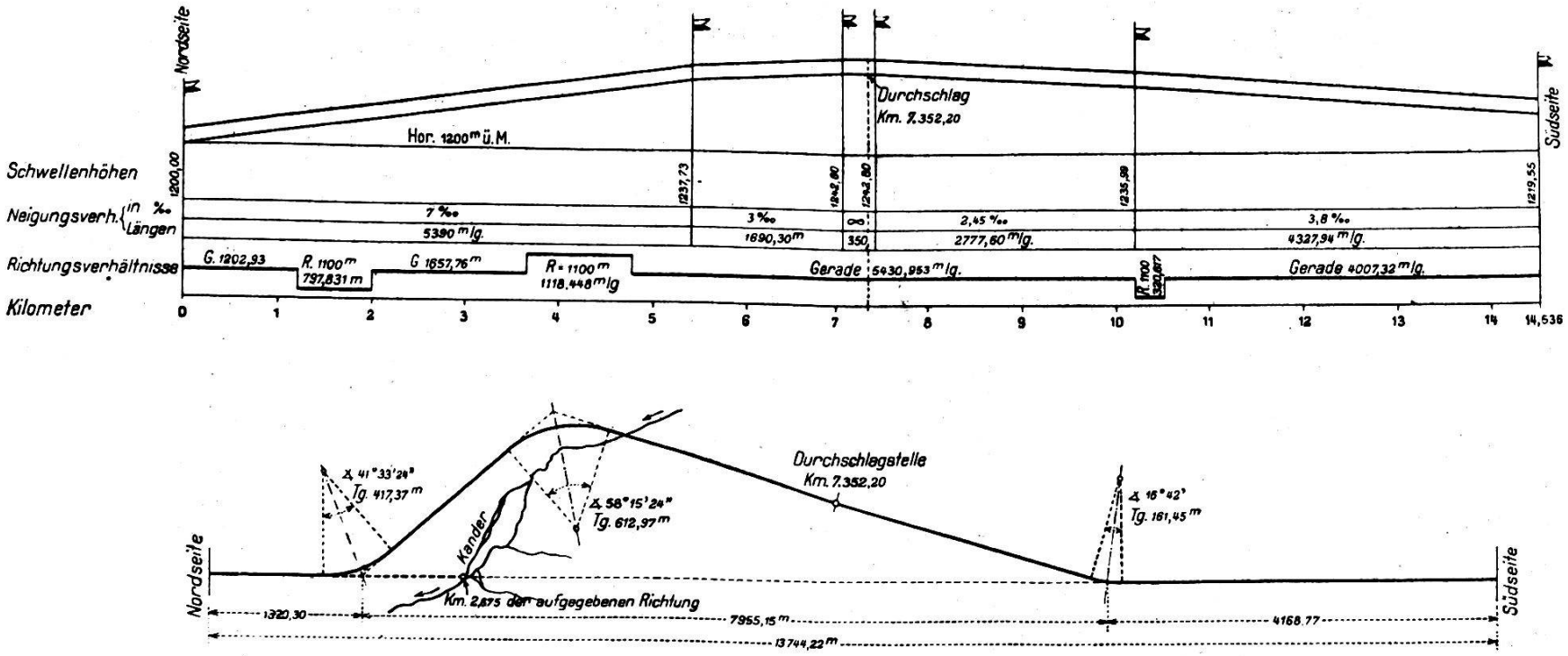

Fig. 2. Längenprofil und Situation des Lötschbergtunnels. Länge 1 : 100,000.
Höhen 1 : 5000.

ausmachen; den Fehler der Triangulation, der als unerheblich betrachtet werden darf, mit eingeschlossen.

In ähnlicher Weise, wie eine Unsicherheit in der Bestimmung der Tunnellänge durch die Triangulation wirken die systematischen und zufälligen Fehler in der direkten Messung derselben. Es musste deshalb der Massvergleichung eine ganz besondere Sorgfalt zugewendet werden. Die Messung geschah mit zwei hölzernen 5 Meterlatten, deren Enden in keilförmigen Schneiden auslaufen, welche im Kontakt rechtwinklig zueinander stehen. Jede Latte wurde nivelliert und auf den Horizont reduziert. Die genaue Richtung wurde durch gespannte Schnüre oder durch Einweisung mit einem Bautheodoliten eingehalten. Es wurden Sektionen von je 100 Meter gemessen, und zwar hin und zurück; Zeitaufwand für beide Messungen mit dem Umstellen der Instrumente und sämtlichen übrigen Versäumnissen eine Stunde. Die durchschnittliche Abweichung dieser Doppelmessungen ergab sich zu 2,2 mm, das Maximum derselben zu 6,6 mm. Die Latten wurden vor und nach jeder Messung auf einem Komparator verglichen; auf jeder Tunnelseite war ein solcher angebracht. Als Originalmasse dienten zwei von dem eidgenössischen Amt für Mass und Gewicht gelieferten Stahlmeter mit halbkugelförmigen Endflächen, denen zwei Messkeile beigegeben waren. Nach den Angaben von Prof. Bäschlin kann der mittlere Fehler der Lattenbestimmung unter Berücksichtigung der Temperatureinflüsse auf das Holz zu $\pm$ 0,2 mm $= \frac{1}{50{,}000}$ für ein Lattenpaar veranschlagt werden.

Die Absteckung des Tunnels komplizierte sich namentlich wegen der Kurven, welche nur kurze Stationsdistanzen zuliessen, und deshalb eine ausserordentliche, sorgfältige Winkelmessung und Zentrierung von Instrument und Zielrichtung erforderten. Zur Verwendung kam ein einachsiger Schraubenmikroskoptheodolit von Hildebrand (siehe pap. 322), an dessen Trommel 2 Sekunden a. T. noch direkt abgelesen, 0,2 Sekunden eingeschätzt werden können.

Prof. Bäschlin gibt den mittleren Fehler eines in beiden Fernrohrlagen gemessenen Winkels zu nur $\pm$ 0,84″ an — eine erstaunliche Leistung. Der mittlere Teilungsfehler ist von der

liefernden Firma sogar als 0,4 Sekunden nicht erreichend garantiert worden.

Der Vorgang bei der Winkelmessung schliesst sich dem über die Absteckung schon Gesagten an, modifiziert durch die Verwendung eines Winkelmessers und die Ablesungen. Die

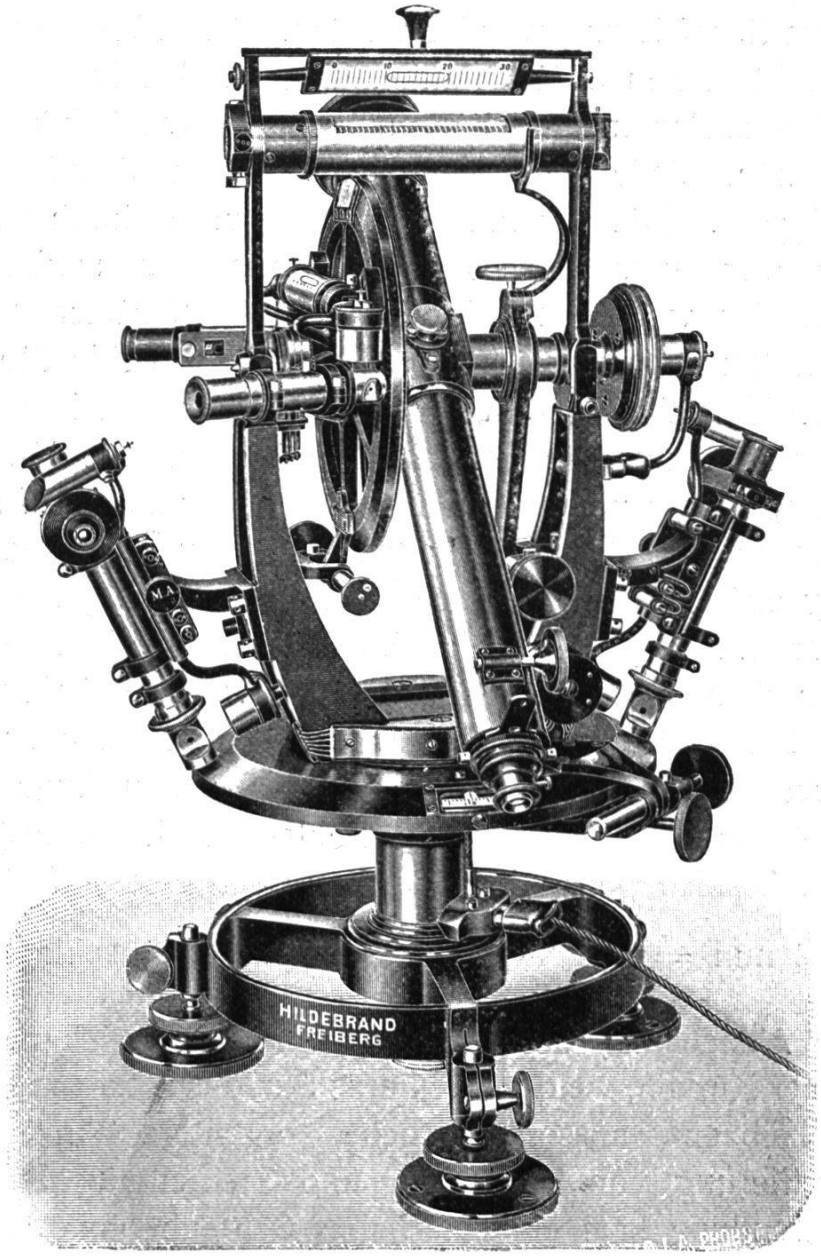

Fig. 3. Schraubenmikroskop-Theodolit mit elektrischer Beleuchtung.

Signale sind die gleichen; die Winkelmessung wird in beiden Lagen des Fernrohrs und mit den Anfangsstellungen der Alhidade 0°, 45°, 90°, 135°, also in vier Doppelmessungen, durchgeführt.

Bei der wiederholten Absteckung der Kurven hat man die Erfahrung machen können, dass durch das nahe Vorbeistreichen

der Lichtstrahlen an der Tunnelwand in der Mitte der Visur laterale Refraktionen entstehen, deren Einfluss den Fehler der Winkelmessungen überschreitet. Sie werden der ungleich starken Tunnel-Ventilation bei beiden Operationen zugeschrieben. Es ist aber zu erwarten, dass sich eine daherige Unsicherheit zum grössten Teil deshalb kompensieren wird, weil die Krümmung der beiden ersten Kurven eine entgegengesetzte ist.

Die *Höhenverhältnisse* des Tunnels wurden vorläufig durch die Bauingenieure bestimmt und dann bei jeder Hauptabsteckung ein Kontrollnivellement gemacht, das von den bei früheren Hauptabsteckungen bestimmten Fixpunkten bis „vor Ort" und wieder zurückführte.

Es wurde dabei mit Zielungen von 50 m Länge gearbeitet, mit einem kleinen Präzisionsnivellierinstrument von Kern, einer zwei Meter langen Latte mit Schachfeldereinteilung in Centimeter, die weissen Centimeterfelder ausserdem in Millimeter geteilt. Die Libelle wurde in Vor- und Rückblick genau zum Einspielen gebracht; die Ablesung am Horizontalfaden geschah zum Schutze gegen grobe Fehler doppelt. Die Latte wurde durch eine starke Acetylenlampe mit Reflektor beleuchtet.

Der mittlere Kilometerfehler eines solchen Doppelnivellements wurde aus allen ausgeführten Operationen zu ± 1,59 mm bestimmt.

In den fertigen Tunnelstrecken wurden in dem in der Mitte liegenden Kanal alle 50 m in der östlichen Mauer Nivellementsbolzen einbetoniert und deren Höhe durch ein weiteres Präzisionsnivellement mit 25 m Zielweite festgelegt. Dabei wurde ausser am Mittelfaden auch an den symmetrisch liegenden Seitenfaden abgelesen und zwar wurden nach Zehntelsmillimeter eingeschätzt.

An der Durchschlagsstelle ergab sich ein Widerspruch:

Im Nivellement von	102 mm,
in der Länge von	41 cm,
in der Richtung	257 mm.

Die Prognose für die Grösse dieser Fehler im Maximum hatte durchwegs grössere Zahlen geliefert. Angesichts der grossen Schwierigkeiten, welche zu bewältigen waren, und des Umstandes, dass die Unsicherheiten in der Landestriangulation und dem schweizerischen Präzisionsnivellement sehr wesentlich mit-

wirken, müssen die Durchschlagsresultate als glänzende bezeichnet werden, welche dem Chef der Absteckung und seinen Mitarbeitern zur hohen Ehre gereichen. *St.*

En l'honneur de la planchette.

Au mois d'octobre de cette année, je fus chargé de la revision du bornage d'une parcelle comprenant environ 26 hectares.

Le propriétaire du fonds me donna avant le commencement du travail un plan de situation à l'échelle du 1 : 500, qui portait la signature du géomètre Sulzberger, autrefois établi à Winterthur.

Ce plan datait de 1865; le levé avait été exécuté, comme c'était alors l'habitude, au moyen de la planchette et de l'alidade.

La base du levé de détail était constituée par une triangulation graphique de 7 points. Le terrain était très accidenté et montrait des inclinaisons, allant jusqu'à 60 %.

Depuis le levé du plan, on n'avait plus prêté aucune attention à l'abornement et le fermier de la propriété, de même que les propriétaires voisins étaient depuis longtemps dans l'incertitude en ce qui concernait les lignes séparatives et l'emplacement des bornes.

D'après le plan de situation, il devait exister 80 bornes; sur lesquelles le fermier actuel qui louait la propriété depuis 12 ans, ne peut m'en montrer que 10. Les autres points-limites devaient, par conséquent, être rétablis.

Je me décidai tout d'abord à rechercher les bornes disparues en mesurant avec des lattes les distances entre bornes déduites du plan.

Les bornes existantes me servirent de points de départ pour mes mensurations.

Mais pendant le travail, il fut reconnu que six bornes seulement devaient être rétablies, celles qui, en raison de leur situation exposée, devaient avoir disparu depuis longtemps.

Toutes les autres bornes purent être retrouvées immédiatement, au moyen des distances prises sur le plan.

La plupart cependant étaient recouvertes et en partie effritées.

J'ai pu me convaincre au cours de cette opération que le levé à la planchette exécuté par des mains expertes fournit des résultats tout à fait satisfaisants. *Br.*