

Der Hammer-Fennel'sche Tachymeter-Theodolit und die Tachymeterkippregele

Autor(en): **Stambach, J.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **39/40 (1902)**

Heft 13

PDF erstellt am: **17.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-23341>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

in Stollen I und II. Das Abwasser der Turbinen wird benutzt um die Luft noch abzukühlen. Je nach dem Fortschritt der Arbeiten werden diese Ventilatorgruppen versetzt; sie sind, um Betriebsstörungen zu vermeiden, in doppelter Anzahl vorhanden. Die Turbinen sind als Peltonräder mit einer

wofür mit grosser Annäherung gesetzt werden kann:

$$3. D = (Cl + K) \cos^2 \alpha$$

$$4. b = (Cl + K) \cos \alpha \sin \alpha$$

Durch eine kleine Umformung erhalten wir ferner:

$$5. D = C \left(l + \frac{K}{C} \right) \cos^2 \alpha$$

$$6. b = C \left(l + \frac{K}{C} \right) \cos \alpha \sin \alpha$$

und indem wir die Grösse $\frac{K}{C}$ ebenfalls in ein Lattensegment umwandeln, was bei gewöhnlichen topographischen Arbeiten durch entsprechende Einstellung des untern Horizontalfadens leicht und genügend genau geschehen kann:

$$7. D = Ca \cos^2 \alpha$$

$$8. b = Ca \cos \alpha \sin \alpha$$

In diesen Formeln bedeutet a das mit Berücksichtigung der Additionskonstanten gegebene Lattenstück; die Konstante C wird bei korrigierbaren Faden stets = 100 gemacht, sodass nun die einfachen Ausdrücke zu bilden sind

$$9. D = 100a \cos^2 \alpha$$

$$10. b = 100a \cos \alpha \sin \alpha$$

Zur Bildung dieser Ausdrücke bedient man sich in der Schweiz fast ausnahmslos des topographischen Rechenstabes von Prof. Wild, der logarithmische Teilungen für a , für $\cos^2 \alpha$ und für $\cos \alpha \sin \alpha$ trägt.

Ingenieur Peter hat auf der Rückseite seines kürzlich erschienenen Rechenschiebers die Teilungen für Distanzreduktion und Höhenberechnung ebenfalls angebracht und damit dem Ingenieur eine wertvolle Ergänzung des gewohnten Schiebers Mannheim geboten.

Ausnahmsweise finden für die Zwecke der sog. Präzisionstachymetrie auch die Tafeln von Prof. Dr. W. Jordan Anwendung, während verschiedene andere Hilfsmittel, wie

Die Bauarbeiten am Simplontunnel.

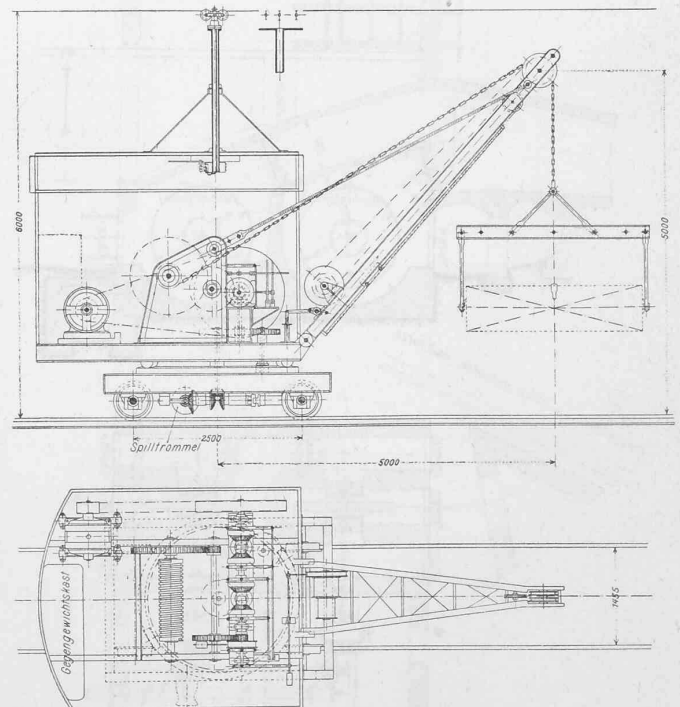


Abb. 76. Fahrbarer, elektrisch betriebener Drehkran auf der Nordseite. — Masstab 1:100.

z. B. Diagramme, als wenig feldmässig nur vorübergehend gebraucht worden sind.

Die Schwäche des Wild'schen Rechenstabes liegt in der geringen Empfindlichkeit der Funktion $\cos^2 \alpha$ bei kleinen Höhenwinkeln. Distanzreduktionen lassen sich mit demselben

Die Bauarbeiten am Simplontunnel.

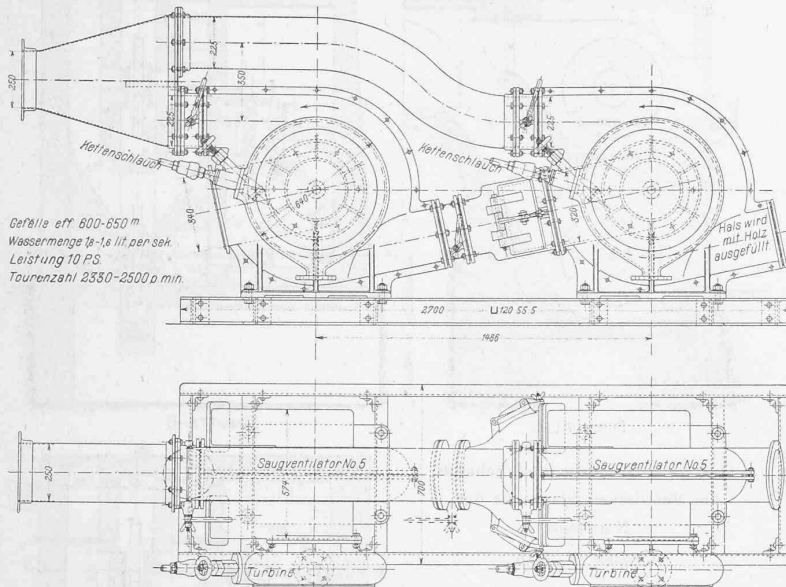


Abb. 77. Stollen-Ventilator. — Masstab 1:30.

einigen Einlaufdüse, deren Querschnitt regulierbar ist, gebaut.

Ausser diesen Ventilatoren sind auch noch sog. Wasserstrahlgebläse im Betrieb. Es sind das einfach konisch ausgeweitete Röhren, in welchen sich eine oder mehrere kleine Düsen befinden, durch die das hochgespannte Wasser der Bohrleitung in ganz dünnen, $1-1\frac{1}{2}$ mm dicken Strahlen austritt, infolge der hohen Austrittsgeschwindigkeit die Luft mitreisst und dieselbe „vor Ort“ befördert. In die Leitungen sind dann noch Wasserabscheider eingebaut, damit die Luft trocken „vor Ort“ gelange. Diese Wasserstrahlgebläse erfordern mehr Betriebskraft als die mit Turbinen direkt gekoppelten Ventilatoren und liefern nicht genügend Druck zur Ueberwindung der Reibung in den immerhin engen Rohrleitungen. (Forts. folgt.)

Der Hammer-Fennel'sche Tachymeter-Theodolit und die Tachymeterkippregel.¹⁾

Von J. Stambach, Ingenieur.

I.

Der bei topographischen Arbeiten gebräuchliche Distanzmesser besteht bekanntlich aus einem Messfernrohr, in dessen Fadenebene ausser dem Vertikalfaden drei horizontale Fäden eingespannt sind. Der mittlere dieser Fäden dient als Nivellierfaden, die beiden äusseren, in gleichen Entfernungen vom Mittelfaden angebrachten, dienen zur Bildung eines konstanten Schwinkels.

Bezeichnet man die diesen konstanten Schinkel repräsentierende Konstante mit C , die sogenannte Additionskonstante mit K , das von einer vertikal stehenden Latte zwischen den Distanzfäden erscheinende Lattensegment mit l , die Neigung der Visierlinie mit α , so hat man bekanntlich für Horizontalabstand und Höhenunterschied die Gleichungen:

$$1. D = Cl \cos^2 \alpha + K \cos \alpha$$

$$2. b = Cl \cos \alpha \sin \alpha + K \sin \alpha$$

¹⁾ Der Hammer-Fennel'sche Tachymeter-Theodolit und die Tachymeterkippregel zur unmittelbaren Lattenablesung von Horizontal-Distanz und Höhenunterschied. Beschreibung und Anleitung zum Gebrauch des Instrumentes von Dr. E. Hammer, Prof. an der k. techn. Hochschule in Stuttgart. Stuttgart 1901. Verlag von Konrad Wittwer. Preis geb. M. 2.80.

²⁾ Vergleiche meine Arbeit in «Mémoire sur la stadia topographique» par M. Jean Meyer. Paris, Librairie polytechnique Baudry & Cie, 1885.

nur für eine topographischen Zwecken im engern Sinne entsprechende Genauigkeit erzielen. Mit dem gewöhnlichen Rechenschieber ergibt sich aber die Umsetzung

$$\cos^2 \alpha = 1 - \sin^2 \alpha$$

leicht und sicher, und damit eine auch weit gehenden Ansprüchen genügende Genauigkeit. Es ist anzuraten, letztere Art der Reduktion stets für *Stationsdistanzen* anzuwenden, für gewöhnliche Terrainpunkte aber den topographischen Schieber zu gebrauchen.

II.

Die bei topographischen Arbeiten hauptsächlich verwendeten Instrumente sind:

1. Die tachymetrische Kippregel mit Messtisch;
2. Der Tachymeter-Theodolit.

Jedes dieser Instrumente bedingt ein anderes Verfahren, der Messtisch das graphische, der Tachymeter-Theodolit das rechnerische. Bei Anwendung des erstern entsteht das Kurvenbild im Felde selbst. Es wird auch von den Anhängern des Theodoliten nicht bestritten werden können, dass das im Terrain unter beständiger Vergleichung mit demselben entstehende Bild bei gleicher plastischer Treue weniger Aufnahmepunkte bedarf, als das im Bureau aus den blossen Zahlen konstruierte.

Der Vorteil des rascheren Arbeitens, der für den Theodoliten in Anspruch genommen wird, erfährt durch diesen einzigen Umstand eine ganz erhebliche Einschränkung und verkehrt sich in das Gegenteil, wenn es sich darum handelt, mittelst topographischer Arbeiten auf dem Felde unmittelbar Projektlinien aufzusuchen und zu fixieren. Dem Messtischtopographen entsteht das Terrainbild unter der zeichnenden Hand und dem vergleichenden Auge, er überblickt sämtliche topographischen Verhältnisse mit einem Blicke, Minimalradius und Maximalsteigung geben ihm die Möglichkeit, im Terrain zugleich projektierend vorzugehen und unter allen Umständen diejenigen Terrainabschnitte von der Aufnahme auszuschneiden, die für die Projektierung nicht in Frage kommen können.

Ein solch systematisches und zielbewusstes (man verzeihe den Ausdruck) Vorgehen ist bei der Theodoliten-Tachymetrie nicht denkbar. Die Feldzahlen bilden, so lange sie im Felde bleiben, eine starre ungefüge Masse und gewinnen erst Leben durch ihre der Aktualität entbehrende Verwertung auf dem Bureau. Eine Ausscheidung der für die Aufnahme notwendigen, bloss wünschbaren oder durchaus unnötigen Terrainpartien ist während der Feldarbeiten nicht möglich und deshalb *müssen* dieselben eine grössere Ausdehnung erfahren, als für den Zweck der Projektierung nötig ist. Dieser Umstand allein sichert der Messtischtopographie eine bleibende Stellung neben dem gewöhnlichen Geometer etwas geläufigeren Theodolitverfahren.

Die Anwendung des Messtisches setzt die Berechnung von reduzierter Distanz und Höhenunterschied unmittelbar nach der Beobachtung *im Felde selbst* voraus, die Verwertung folgt sofort durch Auftragen von Punkt, Bezeichnen der Höhenzahl und Nachtragen der Kurven.

Bei den zahlreichen topographischen Aufnahmen, die ich in meiner früheren Eigenschaft als Civilingenieur machte, bediente ich mich einer Kippregel von Goldschmid, mit links angebrachtem Höhenkreis von kräftiger Theilung. Der Messvorgang war folgender: Ich machte die Lattenablesung und diktierte sie laut einem links stehenden intelligenten Gehülfen, der sie sodann am Rechenschieber einstellte. Gleichzeitig brachte ich den Horizontalfaden an der Latte auf Instrumentenhöhe und war dies geschehen, las der Gehülfe den Höhenwinkel ab, gab die reduzierte Distanz und fast unmittelbar nachher die Höhenzahl. Während ich die Distanz abtrug, die Höhenzahl beischrieb und das Kurvenbild ergänzte, dirigierte mein Instrumentengehilfe die *zwei* Lattenträger durch akustische Signale auf die charakteristischen Terrainpunkte. Durch diese zweckmässige Theilung wurde die Arbeit wesentlich gefördert, machte mich aber von der Zuverlässigkeit des Gehülfen abhängig, die glücklicherweise über jeden Zweifel erhaben und während langer Jahre erprobt war.

Für den Messtischtopographen bedeutet es eine sehr grosse Erleichterung, den Rechenschieber nicht handhaben zu müssen; eine Vorrichtung, welche denselben ersetzt, müsste in erster Linie der Messtischtopographie zu gute kommen. Sie scheint gefunden zu sein in dem *Tachymeter* von Dr. Hammer, Prof. an der technischen Hochschule in Stuttgart.

III.

Um in die Wirkungsweise dieses Tachymeters einzuführen, betrachten wir zunächst einen Distanzmesser mit Porro'schem Fernrohr, bei dem durch Einsetzen der annalatischen Linse die Additionskonstante genügend genau = 0 gemacht, und durch Längsverschiebung derselben der Fadenkonstanten der Wert 100 gegeben werden kann.

Bei horizontaler Visur erscheint an vertikal gehaltener Latte zwischen den Distanzfäden ein Lattensegment *a*, aus welchem nach

$$D = 100a$$

sofort auf die Distanz geschlossen werden kann.

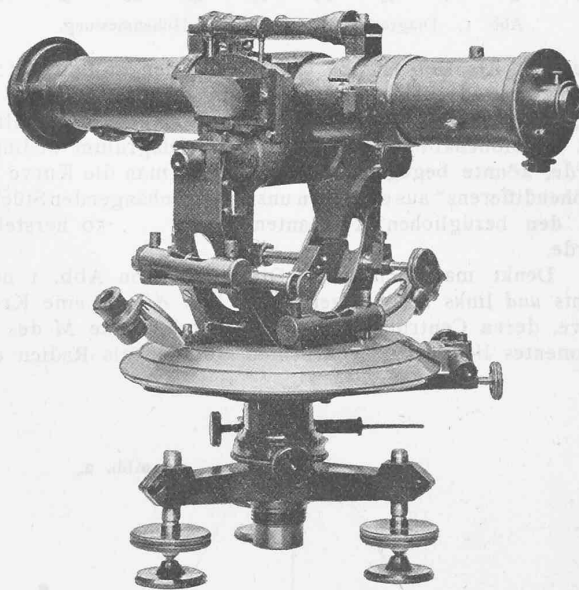


Abb. 3. Der Hammer-Fennel'sche Tachymeter-Theodolit.

Für geneigte Visuren hat man nach Formeln 9 und 10

$$D = 100a \cos^2 \alpha = 100a (1 - \sin^2 \alpha)$$

$$b = 100a \sin \alpha \cos \alpha.$$

Es sei nun auf einer Glasplatte, welche im Gesichtsfelde und in der Bildweite horizontal und transversal verschoben werden kann, ein Diagramm eingeschnitten, bestehend aus einer Geraden *AB*, die eine Bezeichnung nach Höhenwinkeln trägt, einer Kurve, deren Abstand von der Geraden für die Ziffer 0 gleich dem Normalfadenabstand *f* ist, und im fernern Verlaufe die Abstände *f* ($1 - \sin^2 \alpha$) zeigt und einer weiteren Kurve, welche der Funktion $f \sin \alpha \cos \alpha$ entspricht (Abb. 1 S. 142).

Die Gerade *CD* im Normalabstande *f* könnte mit der Bezeichnung von *AB* wiederholt werden.

Vertikal- und Horizontalfaden denken wir uns unabhängig vom Diagramm, wie es beim gewöhnlichen Distanzmesser der Fall ist, gegeben. Ebenso müssen wir voraussetzen, es könne an einem Höhenkreise die Neigung der Visur abgelesen werden.

Der Vorgang beim Messen würde sich nun ungefähr in folgender Weise gestalten:

Das Fernrohr wird auf die Latte eingestellt, Horizontalfaden in Instrumentenhöhe und beispielsweise als Höhenwinkel 20° abgelesen. Nun wird das Diagramm verschoben, bis der Vertikalfaden Strich 20 der Theilung *AB* deckt und sodann an der Latte unmittelbar das Stück *EG* als Distanz, *EF* als Höhendifferenz ermittelt. Die Multiplikation mit 100 ergibt sich ja von selbst. Das Diagramm

würde für Höhen- und Tiefenwinkel in gleicher Weise seine Dienste leisten.

So kann man sich die Sache denken und Prof. Hammer hat vielleicht auch ursprünglich die Idee in dieser oder ähnlicher Form ausgeführt, wie aus einer Bemerkung in der „Vorgeschichte des neuen Tachymeters“ geschlossen werden kann. Die bezügliche Veröffentlichung in der Zeitschrift für Instrumentenkunde ist mir unbekannt.

Jedenfalls wäre der Zweck, einen selbstrechnenden Tachymeter zu konstruieren, mit einer solchen Anordnung

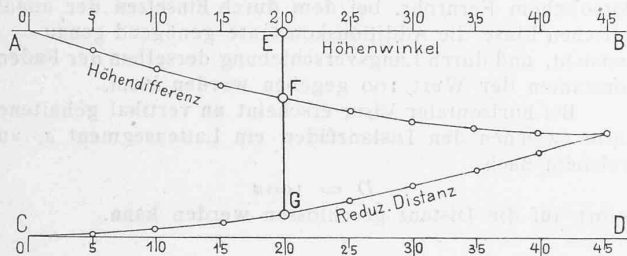


Abb. 1. Diagramm für Distanz- und Höhenmessung.

erreicht. Als Uebelstände derselben fallen in Betracht: in erster Linie der Höhenkreis, sodann das Verschieben des Diagrammes im Gesichtsfelde. Der geringen Empfindlichkeit der Höhenablesung, wie sie unser Diagramm bedingen würde, könnte begegnet werden, indem man die Kurve der „Höhendifferenz“ aus einzelnen unzusammenhängenden Stücken mit den bezüglichen Konstanten 10, 20 . . . 50 herstellen würde.

Denkt man sich unser Diagramm von Abb. 1 nach rechts und links aufgetragen, die Linie AB als eine Kreis- kurve, deren Centrum in der Horizontaldrehaxe M des Instrumentes liegt, die senkrechten Geraden als Radien und

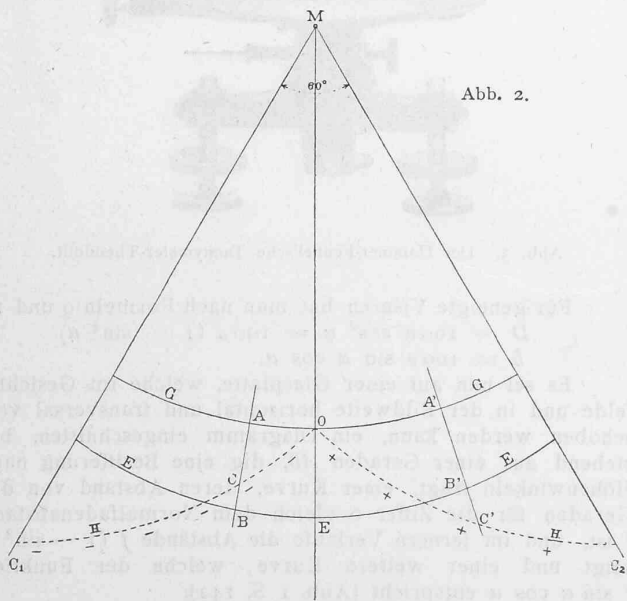


Abb. 2.

dies Diagramm als Ersatz für einen *fest stehenden Höhenkreis angebracht*, an dem sich eine durch das Zentrum gehende, mit Teilung versehene Schneide bewegt (Abb. 2), so könnten an dieser Schneide ohne weiteres für jeden beliebigen Höhenwinkel die Werte von $\cos^2 \alpha$ und $\cos \alpha \sin \alpha$ abgelesen werden. Mit dem zwischen den Distanzfäden des Fernrohrs erscheinenden Lattensegment multipliziert, ergäben sich dann reduzierte Distanz und Höhenunterschied.

Durch eine solche Anordnung wird aber die Rechnung nicht überflüssig gemacht und die Ablesung am Höhenkreis bleibt, wenn auch in veränderter Form, bestehen, die Einstellung des Diagramms auf den zugehörigen Höhenwinkel aber wird automatisch durch das Kippen des Fernrohrs bewirkt.

Die zuerst besprochene Anordnung liefert uns also einen selbstrechnenden Tachymeter, die letztere statt des Grad-

masses am Höhenkreise die automatisch sich einstellenden Faktoren in Strecken, die auf dem im Fernrohr erscheinenden Lattenbilde abgetragen gedacht sofort Distanz und Höhenunterschied geben.

Es ist nun Prof. Hammer gelungen, die Wirkung beider Anordnungen derart zu vereinigen, dass weder Rechnung noch Höhenkreisablesung nötig wird.

Unsere Abb. 3 (S. 141) zeigt das als Tachymeter-Theodolit in der Fennel'schen Werkstätte ausgeführte Instrument. Das Fernrohr ist bezüglich der Kippachse excentrisch angebracht. Auf der linken Seite desselben ist das *feststehende* Diagramm sichtbar, eine Glastafel, auf welche die in grossem Masstabe ausgeführte Zeichnung auf photographischem Wege verkleinert übertragen ist. Durch eine kleine Libelle kann die Oberkante des Diagrammes horizontal gestellt und durch einen schief stehenden Beleuchtungsspiegel kann dasselbe belichtet werden. Die Oberkante des Diagramm- plättchens ist genau rechtwinkelig zur Mittellinie desselben geschliffen.

Durch eine Oeffnung im Mantel des Fernrohrs fallen die vom Diagramm ausgehenden Lichtstrahlen zunächst auf ein Prisma P_1 (Abb. 4), dessen Kanten bei horizontal gestelltem Fernrohr genau senkrecht stehen.

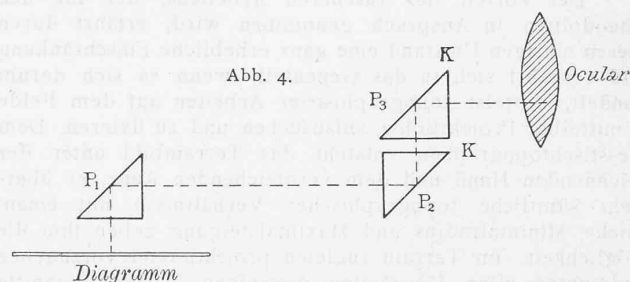


Abb. 4.

Von diesem Prisma P_1 werden die Strahlen nach P_2 , von da nach P_3 gebrochen und gelangen von P_3 aus ins Okular des Fernrohrs. Abb. 4 macht nicht auf Vollständigkeit Anspruch, sie soll nur den Vorgang auf möglichst einfache Art verdeutlichen. So ist eine Linse zwischen P_1 und P_2 nicht gezeichnet, die Prismen P_2 und P_3 sind in Wirklichkeit zu einem einzigen vereinigt, der von P_1 ausgehende Strahl sollte P_2 und damit auch P_3 in unmittelbarer Nähe der Kante K treffen, sodass die massgebenden Strahlen in dem das Gesichtsfeld halbierenden Durchmesser liegen und das Diagrammbild seitlich abgrenzen.

In der linken Hälfte des Gesichtsfeldes erscheint nun das Diagramm begrenzt durch den Radius, der der Neigung des Fernrohrs entspricht, auf der rechten Seite wird das Lattenbild mit dem Bild des Diagramms in optische Berührung gebracht, wie es unsere Abb. 5 zeigt. Zum Verständnis dieser Figur sei noch erwähnt,

dass die Entfernungskurve EE für die Konstante 100, die Höhenkurve HH dagegen für die Konstante 20 berechnet ist, die Pluszeichen bei letzterer deuten zugleich an, dass die Höhendifferenz positiv zu nehmen ist.

IV.

Das Angeführte mag genügen, die Wirkungsweise des Apparates von Prof. Hammer wenigstens dem Prinzip nach deutlich zu machen; bezüglich der Detailausführungen über den Bau des Instrumentes, namentlich aber auch über die Korrektur sei auf die Abhandlung selbst verwiesen, die im Kreise unserer Topographen die vollste Beachtung ver-

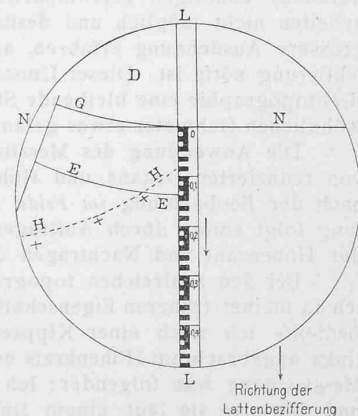


Abb. 5.

dient, namentlich auch wegen der vielen Streiflichter, die die Erörterung des Gegenstandes begleiten.

Es sei zum Schlusse nur noch auf die Genauigkeit des neuen Tachymeters eingetreten. Ueber diese teilt Prof. Hammer eine Reihe von Versuchen mit, die, wenn das Instrument zu topographischen Zwecken benutzt werden soll, vollständig befriedigen.

Ohne Zweifel kann das distanzmessende Diagramm mit derselben Genauigkeit gezeichnet werden, mit der die Distanzfäden eines gewöhnlichen Distanzmessers justiert werden können. Eine etwaige Verminderung der Genauigkeit muss aber in dem Umstande liegen, dass die Linien des Diagramms das Lattenbild nicht schneiden, sondern nur berühren. In der Versuchsreihe 3 — Distanzen von 30 bis 260 m, Höhendifferenzen bis zu 31 m — kommt bei 20 Messungen einmal der Distanzfehler 1,0 m vor, der nächstfolgende beträgt 0,6 m, dann kommt in drei Fällen der Fehler 0,3 m, alle andern sind kleiner. Die Höhendifferenzen zeigen bei Durchschnitts-Neigungen von $\pm 7^\circ$ Abweichungen im Durchschnitt von ± 6 cm, eine Schärfe, die in gewöhnlichen Fällen auch mit Höhenkreisen nicht übertroffen wird.

Prof. Hammer macht in seiner Abhandlung einen Unterschied zwischen „topographischer Tachymetrie“ und „Präzisions-Tachymetrie“ und gibt an, dass man mit dem gewöhnlichen Fadendistanzmesser bei der Hauptkonstanten 100, ganz wohl die Genauigkeit $\frac{1}{1000}$ und $\frac{1}{2000}$ erreichen könne, womit die optische Distanzmessung der gewöhnlichen Lattenmessung an Genauigkeit vergleichbar werde.

Ich kann diese Auffassung, insoweit es sich um eine gewöhnliche feldmässige Fadendistanzmessung ohne Repetition handelt, nicht teilen. Tadellos vertikale Stellung der Latte und vollkommen genaue Teilung derselben vorausgesetzt, kommen bei jeder Fadendistanzmessung zwei Fehler in Betracht, der Einstellungsfehler auf einen Ausgangspunkt und der eigentliche Ablesefehler. Der erstere kann nicht unter 1", der zweite nicht unter 2" geschätzt werden. Der Gesamtfehler würde demnach:

$$f = 1'' \sqrt{2^2 + 1^2} = 1'' \sqrt{5} = 2'',24.$$

Für die gebräuchliche Konstante $C = 100$ ergibt dies für die Distanz einen Fehler von

$$\frac{100 \cdot 2'',24}{206265} d = 0,00109 d = \frac{1}{915} d.$$

Mit diesem Fehler hat man auch dann zu rechnen, wenn bei kurzen Distanzen eine Lattenteilung mit 5 mm Feldern verwendet wird.

Ich habe schon im Bande 1875 der Zeitschrift für Vermessungswesen, S. 183, auf den Fadendistanzmesser aufmerksam gemacht und nachgewiesen, dass mit bewegbaren Faden und 24facher Fernrohrvergrößerung eine durchschnittliche Genauigkeit von rund $\frac{1}{600}$ ohne Anwendung besonderer Hilfsmittel (mit freihändiger Latte) erreicht werden könne. Bei jenen Beobachtungen diente der Fadendistanzmesser lediglich als Kontrollmittel. Die in J. Meyer „La stadia topographique“ mitgeteilten Beobachtungsreihen mit durchschnittlichen Abweichungen von 5,5 und 4,6 cm pro Distanz, welche als Versuchsmessungen zu betrachten sind, bestätigen sehr angenähert den oben angegebenen Fehler von $\frac{1}{915}$ der Distanz.

Ebenso erfährt das von mir aufgestellte Fehlergesetz seine Bestätigung durch die feldmässigen Versuchsmessungen, welche Herr Kantonsgeometer Röthlisberger in Bern seit einigen Jahren hat anstellen lassen und über die in Band XXXIX S. 8. dieses Blattes berichtet wurde.

Durch Repetition — Einstellen an möglichst verschiedenen Teilen der Latte, noch wirksamer aber durch verschiedene Aufstellungen vor und hinter dem einen Endpunkte der zu messenden Linie — kann die Genauigkeit der Fadendistanzmessung sehr wesentlich erhöht werden.

Wo das Terrain es gestattet, wird aber die Lattenmessung mit ihrem geringen Zeitaufwand und den einfachen Hilfsmitteln stets die empfehlenswerteste Art genauer Distanzbestimmung bleiben.

Wettbewerb für eine Chauderon-Montbenon-Brücke in Lausanne.

(Schluss.)

(Rapport du Jury.)

2. Pont en arc métallique.

« Marteau ». Ce projet présente six arches en fer de 32,75 m d'ouverture entre axes des piles et de 30,20 m de portée entre rotules. Les deux culées sont percées de voûtes de 8,40 m d'ouverture. La flèche des arcs est de 5,40 m.

L'auteur du projet a cru pouvoir abaisser de 4 m le niveau du chemin des Jumelles afin de lui trouver un passage sous de petites voûtes de 2,60 m de hauteur, ménagées au niveau de la future plateforme. Cette disposition équivaut à la suppression du passage.

Une des piles repose sur le lit du Flon auquel est offert un passage biais sous la pile. Un escalier monumental est appliqué contre la pile du milieu, mais ses fondations ne sont pas indiquées et son coût ne figure pas dans le devis. L'architecture des piliers en pierre est bien étudiée et originale et la décoration se concentre sur la pile centrale, ce qui est motivé par l'escalier. Dans la vue d'ensemble, les arcs paraissent grêles et les piliers trop massifs. On a l'impression d'un manque de stabilité des colonnettes portant le tablier.

Cette impression est du reste corroborée par le calcul qui dénote des fatigues excessives aux reins des arcs. Le poids extrêmement faible du métal par mètre carré en plan, aurait dû attirer l'attention de l'auteur des calculs sur l'insuffisance des dimensions des arcs. Il est vraiment regrettable que cette erreur ait été commise, car l'idée d'arcs métalliques était intéressante et aurait pu servir de comparaison utile avec les projets d'arcs en béton ou en maçonneries. La poussée due aux variations de température a été aussi appréciée trop bas.

Dans le projet de maçonneries nous trouvons des lacunes du même genre. L'auteur du projet s'est bien donné la peine de tracer des courbes de pression dans les voûtes qui supportent les arcs centraux, mais il n'a pas interprété leur langage. Elles disent que le plein cintre ne convenait pas et demandait l'ogive. Les poids des arcs étant du reste appréciés trop faiblement, il n'y a pas lieu de nous étendre sur ce sujet.

Le devis s'élève à fr. 1 101 359,75. — Le délai d'exécution est de deux ans.

3. Ponts en béton armé.

« Fleur-de-Lys ». Le viaduc est composé de 4 arches médianes de 32,70 m d'ouverture et de deux arches de 26 m. La flèche est de 3,40 m pour les premières et de 3,15 m pour les secondes. Le chemin des Jumelles passe sous une voûte de 6,50 m d'ouverture puis entre les demi-culées espacées de 8,25 m. La chaussée et les trottoirs sont portés par un hourdis en béton armé supporté par des sommiers transversaux reposant sur des colonnettes en béton armé. L'arc a 15,10 m de largeur et le bord du trottoir est en encorbellement, soutenu par le prolongement des sommiers.

Le projet présente deux élévations, celle désignée par le N° 1 est simple, le N° 2 se distingue par une particularité intéressante; la partie décorative se concentre au milieu du pont sous la forme d'une colonne surmontée d'un aigle formant un motif d'architecture d'une réelle valeur artistique et dont l'utilité au point de vue esthétique de l'ensemble du pont est motivée par la rencontre au milieu du pont de deux pentes du tablier.

Le raccord des arcs à leur naissance présente dans le N° 2 une solution plus heureuse que dans le projet N° 1. L'architecture légère et élégante des arcs, qui est en parfaite harmonie avec celle des piliers, donne à l'ensemble du projet un aspect simple et monumental.

Les dispositions du projet soulèvent diverses critiques que nous nous bornerons à indiquer sommairement:

a) Le hourdis de chaussée long de 171 m ne présente aucun joint de dilatation. Il en résulte que les colonnettes de faible hauteur fixées sur les clefs des arcs subiraient des efforts de flexion et de cisaillement qui les disloqueraient.

b) Dans le calcul des sommiers transversaux, sous chaussée et trottoirs, on a omis de tenir compte du moment de flexion, assez considérable, produit par l'encorbellement du trottoir. En calculant ces sommiers comme formés de travées isolées, on a obtenu des moments sur les appuis inférieurs à la réalité.

c) Les arcs sont calculés comme si la charge était uniformément répartie sur toute leur largeur; on remarque cependant que l'encorbellement, assez lourdement chargé par le garde-corps, intéresse la nervure de tête qui, munie d'une demi-largeur de hourdis, est certainement plus faible que les nervures un peu moins chargées de la partie centrale.