

Paper-ID: VGI_190719



Über Tachymeter und ihre Geschichte

Hans Löschner

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen **5** (7–8, 9–10, 11–12, 15–16, 17–18, 19–20, 21–22, 23–24), S. 106–111, 138–143, 179–182, 250–254, 286–290, 301–308, 345–348, 380–386

1907

Bib_TE_X:

```
@ARTICLE{Loeschner_VGI_190719,  
Title = {{\U}ber Tachymeter und ihre Geschichte},  
Author = {L{\o}schner, Hans},  
Journal = {{\O}sterreichische Zeitschrift f{\u}r Vermessungswesen},  
Pages = {106--111, 138--143, 179--182, 250--254, 286--290, 301--308, 345--348,  
380--386},  
Number = {7--8, 9--10, 11--12, 15--16, 17--18, 19--20, 21--22, 23--24},  
Year = {1907},  
Volume = {5}  
}
```



wicy genannt, von dem die Krakauer Universitätsbibliothek 2 Exemplare aus dem Jahre 1450 besitzt. Dieses Werk wurde von Birkenmajer mit erläuterndem Text 1895 zu Warschau herausgegeben. Es zeigt eine gewisse Ähnlichkeit mit dem bekannten Traktat von Beldomandi¹⁾ und ist wohl auf Grund der überlieferten Vorträge dieses Gelehrten entstanden. Der Verfasser, geboren 1422 in Żórawica bei Przemyśl, studierte in Krakau, Prag, Leipzig und später in Italien (Padua, Bologna) Medizin und Astronomie. Um das Jahr 1450 nach Krakau zurückgekehrt, wird er Professor der Astronomie an der Universität und stirbt 1459.

Die Geometrie wird in *Altimetria*, *Planimetria* und *Profundimetria* eingeteilt, deren Aufgaben mit Hilfe von *Astrolabium*, *Saphea*, *Torquetum furculae*, *Alhidara* (sic), *Quadrant* und *Virgae*²⁾ gelöst werden. Das Manuskript ist offenbar ein Bruchstück.

Etwa 100 Jahre später sehen wir schon das erste Lehrbuch der Vermessungskunde in St. Grzebski «*Geometria t. j. miernicka nauka*» in Krakau bei L. Andrysowic, gedruckt im Jahre 1566. Das Werk ist in klein 8^o, goth. Druck und besitzt 64 ungezählte Seiten. Eine Reproduktion erschien im Jahre 1861 in Warschau. Eingehende Analyse (in poln. Sprache) lieferte Kucharzewski in *Przepl. Techn.*, 1895.

Grzebski war Professor an der Krakauer Universität, welche auch in ihrer Bibliothek eine handschriftliche Biographie dieses Mannes besitzt. Sein Grab hat sich in der St. Anna-Kirche noch bis auf den heutigen Tag erhalten. In der Vorrede des Werkes wird gesagt, daß in Polen schwer ein Geometer zu finden ist. Von einem nur hat der Verfasser gehört und der sei gestorben. Wenn man einer Vermessung bedarf, so muß man Leute von anderswo holen. Darum habe der Autor, zum erstenmal in polnischer Sprache ein Werkchen über Vermessung niedergeschrieben. (Schluß folgt.)

Über Tachymeter und ihre Geschichte.

Zusammengestellt von Statthalterei-Ingenieur Dr. Hans Löschner.

Die Tachymeter lassen sich in zwei Konstruktionsarten trennen. Es gibt:

I. Tachymeter, welche nur für aufrechte Lattenstellung eingerichtet sind: die Latte wird entweder vertikal gestellt oder senkrecht zur Visur, in jedem Falle aber in die vertikale Zielebene des Instrumentes;

II. Tachymeter, welche für horizontale Lattenstellung verwendet werden können: die Latte wird in horizontaler Lage senkrecht zur Visur gerichtet.

Die Tachymeter der ersten Konstruktionsart zerfallen in folgende Gruppen:

¹⁾ Über Prosdocimus de Beldomandi († 1428 als Prof. der Mat. zu Padua), siehe *Boncomp. Bull.* XII., S. 1.

²⁾ Über *Saphea* schrieb *Arzachel* (um 1080 in Toledo lebend), sowie *Joh. de Monte Regio* (*Problemata* XXIX. *Saphaeae Norimbergae* 1534), siehe auch *Montucla H. d. M.* I. 366. *Furculae* (als Prototyp des *Diopters*) ein in eine zerspaltene Stange eingekleiftes Lineal, längs dessen Kante visiert wird. *Alhidara* ist eine Art geometr. Quadrates. Über *Torquetum* hat ein *Pole* (*Franek de Polonia*) einen Traktat um das Jahr 1284 geschrieben, von dem mehrere (spätere) Abschriften in Paris und St. Germain sich erhalten haben.

1. Tachymeter, welche in der Ebene des Fadenkreuzes außer dem horizontalen und dem vertikalen Mittelfaden zwei feste, horizontale Distanzläden in gleichem Abstände vom Mittelfaden enthalten;

2. Tachymeter, welche in der Ebene des Fadenkreuzes außer dem vertikalen Mittelfaden und einem fixen Horizontalfaden einen beweglichen Horizontalfaden besitzen, dessen Abstand vom fixen Faden mittelst eines Okular-Filar-Schraubenmikrometers scharf gemessen werden kann. Die Vertikalwinkel beziehen sich auf die Visur über den fixen Faden;

3. Tachymeter mit einer Tangenten- oder einer Sehnenschraube;

4. Automatische Tachymeter;

5. Reduktions- oder Schiebetachymeter;

6. Tachygraphometer (Meßtischtachymeter¹⁾).

Die Instrumente der ersten Gruppe, über deren Geschichte in dieser Zeitschrift (1907, S. 13 . . .) schon berichtet worden ist, bilden die am häufigsten verwendete Form der Tachymeter.²⁾ Prof. C. Reinhertz sagt von ihnen:

»Wesentlich ist ein gutes Fernrohr von etwa 25 bis 35facher Vergrößerung, dessen Distanzkonstante C eine runde Zahl, in der Regel 100, 200 oder auch 50 ist.³⁾ Das Fadennetz ist entweder auf Glas eingerissen (Glasmikrometer) oder besteht aus ausgespannten Spinnfäden. Die Kreisablesung soll, da für die meisten Fälle die Genauigkeit eines kleinen Theodoliten genügt, möglichst bequem sein. Neben der für diese üblichen Nonienangabe von $1/2'$ oder $1/3'$ ist zweckmäßig Kreisteilung in $1/6$ Grade und einfache Schätzung der Minuten an einem Indexstrich mit Hilfe einer starken offenen Lupe.⁴⁾ Mikroskopische Ablesung findet nur in besonderen Fällen Anwendung.⁵⁾ Der Höhenkreis ist entweder ein Vollkreis, ein Doppelbogen oder ein einfacher Bogen (Sektor) mit einem oder zwei Zeigern. Die Teilung entspricht derjenigen des Horizontalkreises; für die Bezifferung sind am besten Zenitwinkel; Höhenwinkel ($\pm \alpha$) geben leicht Anlaß zu Vorzeichenfehlern. Bei einzelnen Instrumenten kommen nebenher besondere Teilungen des Höhenkreises vor.⁶⁾ Die Höhenkreislibelle wird entweder am Fernrohrträger oder besser

¹⁾ Vergl. E. Doležal, *Niedere Geodäsie*, 1905, Bd. II, S. 336.

²⁾ Vergl. Hammer in *Zeitschrift f. Vermessungswesen*, 1891, S. 195.

³⁾ Vergl. hierüber Deubel in *Zeitschrift f. Vermessungswesen*, 1894, S. 193 (Waldtachymeter mit $C = 50$; Tichy in *Zeitschrift d. österr. Ing- u. Arch-Ver.*, 1896, S. 429. — Über Konstantenbestimmung und Veränderlichkeit des Wertes der Konstanten: Tinter in *Zeitschrift f. Instrumentenkunde*, 1882, S. 117, 157, 163.

⁴⁾ Jordan empfiehlt für Höhenwinkelablesungen der gewöhnlichen Tachymetrie einen Celluloid- oder einen Elfenbeinbogen, welcher ohne Nonien, dagegen mit großer Lupe die Höhenwinkel rasch auf etwa $1'$ genau abzulesen gestattet; vergl. *Zeitschrift f. Vermessungswesen*, 1896, S. 14, 1899, S. 51; *Zeitschrift f. Instrumentenkunde*, 1896, S. 308, 1897, S. 291, 1899, S. 87; ferner Jordan's *Hilfstafeln f. Tachymetrie*, Stuttgart, 1904, S. IX.

⁵⁾ Z. B. bei den als »Cleps« oder »Clepszykel« bezeichneten Instrumenten von Salmoiraghi in Malland, bei welchen die beiden Kreise sehr klein (3.5 bis 6 cm Durchmesser) und in einem Kasten (Würfel) eingeschlossen sind. (Der Name »Clepszykel« rührt von Porro her: vergl. C. Werner's *Tacheometrie*, Wien 1873, S. 25 und A Schell's *Tachymetrie*, Wien 1880, S. 4.) — Erwähnenswert ist die Ablesung mit Schätz-(Strich-)Mikroskopen, welche rasch, bequem und entsprechend genau erfolgen kann; vergl. O. Fennel in *Zeitschrift f. Instrumentenkunde*, 1902, S. 199; Doležal, *Niedere Geodäsie*, Bd. I, 1904, S. 387; Reinhertz, *Vermessungskunde*, Bd. II, 1904, S. 223.

⁶⁾ Z. B. Gefällprozentteilung beim Deubel'schen Feld- u. Waldtachymeter, *Zeitschrift f. Vermessungswesen*, 1894, S. 193.

am Zeigerträger mit besonderem Feinstellarm angebracht. Häufig ist, der Genauigkeit der Ablesung entsprechend, für Horizontal- und Vertikalkreis nur je ein Zeiger vorhanden; besser ist für die Prüfung des Instrumentes, sowie für die Bestimmung wichtiger Punkte, ein Doppelzeiger. In der Regel ist dem Instrumente eine Bussole beigegeben, und zwar entweder eine Kreisbussole, oder ein Kasten- oder Röhrenkompaß zur Einrichtung des Horizontalkreises in eine konstante Stellung zum magnetischen Meridian. Bei kleinen Instrumenten ist zuweilen überhaupt kein Horizontalkreis, sondern nur eine Bussole vorhanden.«

In Deutschland ist nach Prof. Reinhertz die alte Reichenbach'sche Fernrohrenrichtung mit Ramsden'schem oder orthoskopischem Okular am verbreitetsten, seltener die Ertel'sche mit Huygens'schem Okular.¹⁾ Daneben findet sich das Porro'sche Fernrohr, welches namentlich bei verschiedenen österreichischen, italienischen, französischen und amerikanischen Tachymetern üblich ist.²⁾ Der Amerikaner Gurley berichtet: The stadia wires in our telescopes are adjusted to read distances from the center of the instrument. This is the most convenient method. . . . Some engineers, however, prefer the method of measuring from the apex of the visual angle of the telescope, where the rays finally diverge. In this method the wires must be re-adjusted by the engineer to read one feet on the rod at a distance from the center of the instrument of, say, one hundred feet plus c plus f ; c being the distance of the objective from the center of the instrument, . . . and f being the focal length of the objective

(Betreffend das Fadenkreuz erfahren wir, daß in der Werkstätte von W. & L. E. Gurley in Troy (New York) im Jahre 1891 nicht mehr Spinnfäden, sondern Platinfäden eingezogen wurden, nachdem es gelungen war, den letzteren eine Feinheit von $\frac{1}{8000}$ bis $\frac{1}{20000}$ eines Zolles (inch) zu geben³⁾.

Auf die Nachteile der Verwendung von Spinnfäden zur Bildung von Fadenetzen bei feineren Instrumenten hat insbesondere A. Tichy hingewiesen.⁴⁾ Es ist nämlich bei jedem Fadendistanzmesser eine gegenseitige Übereinstimmung zwischen den vier Elementen: Fadendicke, Vergrößerung, Öffnung und Brennweite des Objektives notwendig. Das verhältnismäßig hohe Maß der geringsten Spinnfadendicke von $1\frac{1}{2}$ Mikron zwingt nun aber zu einer aus konstruktiven Rücksichten unleidlichen Anomalie, d. h. zu einer viel längeren Objektiv-Brennweite, als für die jeweilig rationelle freie Objektiv-Öffnung vom Standpunkte der Optik gerechtfertigt erscheint. Dazu kommt, daß die in der Praxis am häufigsten gebräuchlichen Fadendicken 6 bis 10 Mikron betragen, so daß der rationalen Objektiv-Brennweite eine übermäßige Größe zukommt. Selbst die geringste Spinnfadendicke bedingt Fernrohr-Objektive von rund $\frac{1}{15}$ Helligkeit (d. i. ein Verhältnis der freien Öffnung zur Brennweite von 1 : 15) und somit eine schon bei mäßigen Ansprüchen auf Vergrößerung konstruktiv unvorteilhafte Fernrohrlänge. Das diesen

¹⁾ Vergl. hiezu Hensoldt in Zeitschrift f. Instrumentenkunde, 1885, S. 413.

²⁾ Reinhertz in Lueger's Lexikon, Bd. VII, S. 593; Gurley, Manual of the principal instruments, Troy, N. Y., 1891, p. 37; vergl. auch Jordan's Handb. d. Verm.-K., Bd. II, 1904, S. 690, ferner Schupp in Zeitschrift f. Vermessungswesen, 1893, S. 365. — Über Stativkonstruktion: Tichy in Zeitschrift d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver., 1894, S. 50.

³⁾ Gurley's Manual of the principal instruments, 1891, p. 35.

⁴⁾ Zeitschrift d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1896. S. 417.

Maßstab beliebende »abgekürzte Fernrohr« empfiehlt Tichy nur für den Fall, daß man von den Spinnfäden nicht ablassen will. Im allgemeinen wird es zweckmäßiger sein, sich durch Anwendung des Glasmikrometers volle Freiheit bezüglich Auswahl der Fadendicke zu schaffen, umso mehr, als es möglich ist, mit Diamant auf dem Planglase per Millimeter Skalenlänge fünf Tausend von einander deutlich isolierte Parallelstriche zu ziehen.

Auch Puller hat bei dem von ihm vorgeschlagenen Kreistachymeter ein Glasmikrometer den Spinnenfäden vorgezogen.¹⁾

Beim Glasmikrometer hat man die gegen früher umgekehrte Aufgabe: zu einer bestimmten Objektivhelligkeit die Fadendicke zu berechnen.²⁾ Nach Tichy kann hierbei folgende Regel gelten: »Die Fadendicke soll so viele Zehntel des Mikrons betragen, als der Nenner des die Objektivhelligkeit zum Ausdruck bringenden Bruches Einheiten zählt.«³⁾

Tichy behandelt auch den bedeutenden Einfluß des Verhältnisses zwischen Fadendicke und Intervallgröße auf die Schätzungsdeutlichkeit und gibt diesen Einfluß zu erkennen in seiner Tafel »Schule der Zehntel-Schätzung«, welche dazu dient, eine sichere Zehntelschätzung und im weiteren eine Schätzung bis auf Zwanzigstel rasch zu erlernen.⁴⁾

Das Glasmikrometer bietet übrigens gegenüber den Spinnfäden neben dem schon erwähnten Vorteil noch den der Haltbarkeit und Unveränderlichkeit selbst in feuchten Tropengegenden,⁵⁾ dann den Vorteil der freien Wahl der Länge der einzelnen Striche, wodurch es selbst bei einer größeren Anzahl von Strichen (Gruppenanordnung zur Verschärfung der Messung) möglich wird, dieselben übersichtlich anzuordnen (Abb. 1). Schließlich können die berechneten, beziehungsweise beabsichtigten Abstände der Striche auf dem Planglase ohne Schwierigkeit sehr genau eingehalten werden.⁶⁾

Zur leichten Auffindung der zarten Hauptstriche dienen beiderseitige, kurze, dicke Striche.

In neuester Zeit kommt an Stelle des mit Diamant geritzten Glasmikrometers das noch viel vollkommeneres Glasmikrometer mit mikrographischer Reproduktion einer auf Papier in sehr großem Maßstab ausgeführten Zeichnung in Anwendung.⁷⁾

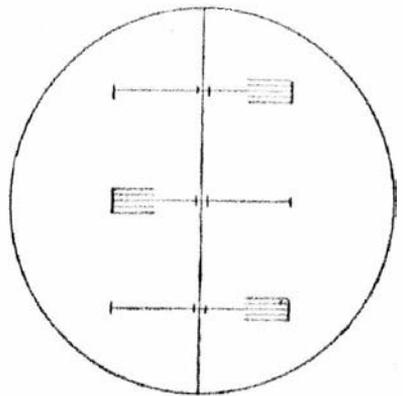


Fig. 1.

¹⁾ Zeitschrift f. Vermessungswesen, 1895, S. 66.

²⁾ Es ist überflüssig, den alt eingebürgerten Ausdruck »Faden« abzuschaffen, wemgleich es sich hier um ins Glas eingeritzte Striche handelt.

³⁾ Vergl. Tabelle in Zeitschrift d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver., 1896, S. 418.

⁴⁾ Vergl.: Über Schätzungsgenauigkeit an Nivellier- u. Distanzskalen: Reinhertz in Zeitschrift f. Vermessungswesen, 1894, 1895 und Wagner in Zeitschrift für Vermessungswesen, 1896.

⁵⁾ Vergl. Hammer in Zeitschrift f. Vermessungswesen, 1896, S. 515.

⁶⁾ Nach Breithaupt können die Abstände bis auf 0,0005 Millimeter genau bestimmt werden: F. W. Breithaupt & Sohn' Katalog, 1901, S. 141.

⁷⁾ Haßferl in Mitteilungen d. Vereines f. d. Förderung d. Lokal- u. Straßenbahnwesens, 1898; A. Tichy in Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1899, S. 449; Starke u. Kammerer's Katalog, 1907, S. 3.

Bei Tachymetern, welche nie zu feineren Messungen verwendet werden, wirkt übrigens eine große Feinheit der Fäden wohl wieder nachteilig, da das Auge des Beobachters unnütze in erhöhtem Maße angestrengt und die Raschheit der Messung beeinträchtigt wird. Nach Ing. K. Wagner erscheint den Sichtbarkeitsanforderungen erst mit einer scheinbaren Fadenstärke von 0.07 bis 0.08 mm vollständig entsprochen. Wagner hält daher bei gewöhnlichen Tachymetern eine Fadenstärke von 0.07 bis rund 0.10 mm für die zweckmäßigste.¹⁾

Bemerkenswerte Hemmungen des Arbeitsfortschrittes können zu geringe Fadenstärken bei Messungen im Walde (selbst in Lichtungen²⁾) und bei zunehmender Dämmerung verursachen. —

Tachymeter, welche eine Bussole besitzen, gewähren bei Trassierungsarbeiten große Vorteile. Es kann nämlich einerseits bei geringeren Anforderungen betreffend die Genauigkeit eines Polygonzuges eine sehr rasche Aufnahme desselben mit Springständen erfolgen, während andererseits bei genauen Winkelmessungen in einem Polygonzug durch zeitweiliges Ablesen der Bussole eine sichere und bequeme Kontrolle der Winkelmessungen zu erreichen ist. Die Anwendung der Bussole empfiehlt sich insbesondere bei Arbeiten im Walde³⁾

Bei den amerikanischen Tachymetern scheint eine große Bussole überhaupt nie zu fehlen.⁴⁾ —

Die Grundformeln für die tachymetrischen Elemente bei Verwendung eines Tachymeters der ersten Gruppe lauten bekanntlich:

$$\left. \begin{aligned} D &= CL \cos^2 \alpha + c \cos \alpha \\ h &= CL \sin \alpha \cos \alpha + c \sin \alpha \\ H &= h + (I - V) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (1)$$

D ist die Entfernung des Lattenstandpunktes von der Instrumentenmitte, L der variable Lattenabschnitt zwischen den beiden Distanzfäden, α der Höhenwinkel der mittleren Visur, h die Höhe des mittleren Zielpunktes auf der Latte über dem Instrumentenhorizont, H der Höhenunterschied zwischen dem Lattenfußpunkt und dem Instrumentenstandpunkt, I die Instrumentenhöhe, V die Höhe des mittleren Zielpunktes über dem Lattenfußpunkt, C die Haupt- oder Multiplikationskonstante und c die absolute oder additionelle Konstante.⁵⁾

(Besitzt das Tachymeter ein Porro'sches Fernrohr, so ist $c = 0$.)

1) Wagner in Zeitschr. f. Vermessungswesen 1896, S. 461; vergl. auch Hammer in Zeitschr. f. Instrumentenkunde, 1897, S. 63. — (Über den Fehler beim Einstellen des Fadenkreuzes in die Bildebene hat Prof. W. Tinter Untersuchungen angestellt; Zeitschr. f. Instrumentenkunde, 1882, S. 226.)

2) Vergl. Hammer in Zeitschr. f. Instrumentenkunde, 1897, S. 63.

3) Vergl. Hafferl in Mitteilungen d. Vereines f. d. Förderung des Lokal- und Straßenbahnwesens, 1898 (»Technische Tracirung«); Löschnier in Österr. Zeitschr. f. Vermessungswesen 1907, Seite 64.

4) Vergl. die Kataloge der Firmen Gurley (Troy, N. Y.) und F. C. Knight & Co. (Philadelphia).

5) Über die Bedeutung der Konstanten C und c: Jordan und Vogler in Zeitschr. f. Vermessungswesen, 1883, S. 431 u. 477.

Bei den Tachymetern der zweiten Gruppe kommt das Okularfilarschraubenmikrometer zur Anwendung.

Eine Art Okularfilarschraubenmikrometer habe ich erstmals beschrieben und abgebildet gefunden in dem alten Werke: »Nikolaus Bions berühmten Königlichen Französischen Mathematikers neueröffnete mathematische Werk-schule oder gründliche Anweisung wie die mathematische Instrumenten nicht allein schicklich und recht zu gebrauchen, sondern auch auf die beste und accurateste Art zu verfertigen, zu probiren . . . sind.« (Fortsetzung folgt.)

Die Anwendung der Photogrammetrie.

Von Ingenieur **Z. J. Kral**, k. k. Professor der Vermessungskunde an der Staats-Gewerbeschule im I. Wiener Gemeindebezirk.

Die Idee, aus Photographien eines Objektes Maße desselben abzuleiten, ist ebenso alt wie die Photographie selbst. Gay-Lussac und Arago haben nämlich in dem Gutachten, in dem sie im Jahre 1839 der französischen Regierung den Ankauf der Erfindung Daguerre's empfahlen, auf diese Möglichkeit unter besonderer Betonung des Umstandes, daß die Photographien nach den Gesetzen der Geometrie entstehen, hingewiesen.

Allein schon vor mehr als 100 Jahren wurde in ähnlicher Weise versucht, aus gezeichneten Perspektiven Maße abzuleiten und zur planlichen Auswertung heranzuziehen; der französische Forscher Beautemps-Beaupré hat nämlich in dieser Weise versucht, topographische Pläne der Insel Santa-Cruz und von Vandiemensland herzustellen.

Mit der stetig fortschreitenden Entwicklung der Photographie, besonders aber der Herstellung der photographischen Objektive und mit den Fortschritten der Geometrie und Projektionslehre hat sich diese Wissenschaft immer weiter entwickelt. Sie nimmt heute nicht nur eine hervorragende Stellung unter den modernen technischen Disziplinen ein, sondern sie findet in den verschiedensten Wissensgebieten eine derart bedeutende Verwendung, daß sie als eine jener geistigen Errungenschaften bezeichnet werden kann, welche das menschliche Wissen als ein Ganzes erscheinen lassen. Die Mannigfaltigkeit dieser Anwendbarkeit soll nachstehend besprochen werden.

Die Idee Arago-Gay-Lussac's wurde zuerst (1859—1861) von dem Franzosen Laussedat, der als der Begründer der Wissenschaft angesehen werden kann und dessen Biographie in diesem Blatte von berufener Seite geschildert werden soll, dadurch in die Praxis umgesetzt, daß er aus Photographien Stadt-pläne zu konstruieren versuchte, welchen Arbeiten in Deutschland bald jene des nunmehrigen Direktors des preußischen photogrammetrischen Amtes, des Prof. Meydenbauer, folgten.

Heute ist die Verwendung der Photogrammetrie zu Vermessungszwecken zu einer unentbehrlichen Ergänzung des Aufnahmeverfahrens geworden, das die meisten Kulturstaaten üben, so z. B. Italien, das auf diese Art mustergiltige Gebirgskarten gewonnen hat, und Österreich in seinem militär-geographischen

Über Tachymeter und ihre Geschichte.

Zusammengestellt von Statthalterei-Ingenieur Dr. Hans Löschner.

(Fortsetzung).

Mir liegt die fünfte Auflage der deutschen Übersetzung dieses Werkes vor, welche bei George Peter Monath in Nürnberg im Jahre 1765 erschienen ist. Aus der Seite 246 beginnenden Beschreibung des in Fig. 2 wieder abgebildeten »Mikrometers« sei folgendes entnommen:

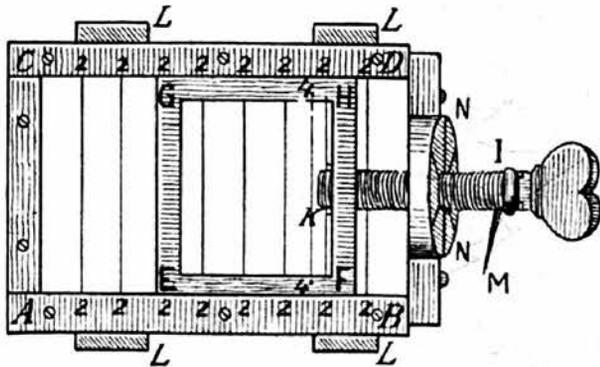


Fig. 2.

»Das Mikrometer ist ein Instrument von gar großen Nutzen in der Astronomie, absonderlich aber, wann man die Durchmesser der Sterne, und die kleinen Distanzen, die nicht über einen Grad oder anderthalb Grade sind, abzumessen verlangt. Es besteht aus zwoen geradwinklichten Einfassungen vom Kupfer (Messing) davon die eine ABCD insgesamt $2\frac{1}{2}$ Zoll lang und $1\frac{1}{2}$ Zoll breit ist. Die Seiten AB, und CD sind in gleiche Theile eingetheilet, und diese Theile von einander um vier Linien, oder doch beynahe, entfernt, dann sie sind, wie wir hernach weisen wollen, nach den Umgängen der Schraube gerichtet, doch auf eine solche Art, daß die durch jede Theilung gezogene Linien auf den Seiten AB und CD perpendicular stehen. Es werden an diese Einteilungen wol ausgespannte Seidenfäden mit Wachs gerichtet, die man in denen mit 2. bemerkten Gegenden anmacht.

Die andere Einfassung EFGH, deren Länge EF $1\frac{1}{2}$ Zoll lang ist, schicket sich in die erste dergestalten, daß die Seiten EF, GH, der einen sich längs nach denen Seiten AB, CD der andern bewegen, und nicht von einander begeben können, welches geschieht, indeme solche in einem Falz ineinander gehen; die Seite von dieser zwoiten Einfassung, die gegen die eingetheilte Seiten der ersten siehet, ist auch mit einem gar subtilen Seidenfaden versehen, die in der Gegend bei 4. ausgespannet ist, welches bey Bewegung der Einfassung allezeit mit den Fäden der ersten Einfassung parallel bleibet, indeme sie ganz genau übereinander kommen, und doch nicht einander anrühren. Man richtet an der Seite BD eine Schraube bey I an, deren runder Körper . . . in einem Loch, welches ein subtiles Gewind hat, gehe, und sich in selbigen . . . gern umdrehe. Die Schraube ist am Ende, welches in das Loch der kleinen Einfassung geht, die auch in der Gegend bey K dicker gemacht ist, eingeschnitten, man hat auch einen kleinen Stift dabey, welcher in das Loch, das zu Ende der Schraube gemacht ist, gefüget wird, damit sich diese Einfassung auf keine Weise bewegen könne, als wann man die Schraube gegen die rechte oder linke Hand zuschraubet, nachdeme man nemlich die besagte Einfassung will vor- oder hinterwärts gehen lassen.

Man füget auch eine runde Scheibe bey, die mit zwoen Schrauben . . . bey N angeschraubet wird, theilet hernach solche insgesamt in 20. oder in 60. gleiche Theile, welche dienlich sind, daß man die Umgänge der Schraube . . . zehlen könne, und dieses

vermittelst des Zeigers M, der unter dem Kopf der besagten Schraube angemacht ist. Die Eintheilung der Seiten in der Einfassung ABCD wird nach der Dicke des Umganges von besagter Schraube gerichtet; dann so man zum Exempel verlanget, daß die Theile voneinander um 10. Umgänge der Schraube abstehen, lässet man besagte Schraube 10. Umgänge thun, und bemerket alsdann, wie weit die kleine Einfassung fortgegangen; wann es 4. Linien sind, machet man die Eintheilungen in dem Abstand einer vor der andern 4. Linien weit, setzt die Fäden hübsch accurat darüber, und machet selbige mit Wachs vest.

Damit man aber denen Veränderungen, welche den Seidenfäden entweder durch die Hitze oder sonsten zustoßen, abhelfen möge, so giebet Herr de la Hire ein gar gutes Hülfsmittel dar, man soll nemlich an statt der Seidenfäden ein Stücklein weißes Glas, oder ein Trümmlein dünnes Spiegelglas nehmen, welches man in den Falz, der längs der Einfassung ist, richtet: Auf diesem Glaß ziehet man gar subtile Parallellzüge, welche, eben das, was die Seidenfäden, prästiren. . . . Man bedienet sich hiezu eines kleinen Diamants, dessen Spitze recht subtil sey. . . .

Die ganze Machine wird in große Astronomische Sehröhren gerichtet, und zwar vermittelst der mit L bemerkten Stücke, welche außerhalb der Einfassung stehen, und die in einem Falz in einer Capsel von weißem Blech, in der Figur eines Parallelogramms sich schieben lassen; An beyden Seiten dieser Capsel sind zwey zirkelrunde Oefnungen, allwo zwey Ende von den Röhren angelöthet worden, das eine, daß es auf einer Seite das Rohr, welches das Ocularglas in sich hält, und das andere, daß es das Rohr, welches das besagte Objectivglas in sich hat, dergestalten fassen möge, daß das Mikrometer accurat in dem Foco dieses Glases seye.«

»Von dem Gebrauche des Mikrometers.

In dem Brennpuncte des Objectivglases stellen sich die äußerliche Sachen überaus scharf und kenntlich vor. . . .

Wann man nun in Linien oder zwölfen Theilen eines Zolles die Länge des Foci des Objectivglases abmisset, wird sich diese Länge gegen der Weite von 4. Linien, welche die Distanz der Fäden ausmachet, verhalten, gleichwie sich der Halbmesser oder Sinus totus¹⁾ gegen dem Tangenten des Winkels, der zwischen denen Parallelfäden enthalten ist, verhält

Wann man auf einen kleinen weißen und geraden Tisch zwey gerade schwarze und unter sich parallelaufende Linien ziehet, deren Weite so groß, daß selbige ungefehr in der Entfernung von 2. oder 300. Toisen noch zwischen zween parallelen Fäden . . . enthalten seyn, so wird alsdann der Tisch von denen dioptrischen Absehen des Mikrometers so weit entfernt, bis die Linien auf besagten Tisch, welcher perpendicular mit der geraden Linie, die von solchem Tisch auf das Mikrometer gezogen wird, stehen muß, von denen parallelen Fäden des bemeldten Mikrometers bedeckt werden, da dann die Weite zwischen dem Tisch und dem Objectivglas des Mikrometers in eben der Proportion gegen der Weite der Linien auf der Tafel sich befinden wird, gleichwie sich der Sinus totus verhält gegen dem Tangenten des Winkels, welcher zwischen den zween parallelen Fäden des Mikrometers enthalten ist.²⁾

Man schraubet hernach die Einfassung EFGH mit Beyhülfe der Schraube so lang hin und her, biß ihr Faden mit einem von denen parallelen Fäden der anderen Einfassung accurat überein treffe, und bemerket den Rand des an der Schraube sich befindenden Zeigers, lässet alsdann solchen so oft herum gehen, biß eben dieser Faden von der Einfassung EFGH mit dem nächsten Faden der andern Einfassung überein treffe, oder, das auf eins hinaus kommet, man lässet die Einfassung EFGH durch den Raum der 4. Linien oder eines $\frac{1}{8}$. Zolls fortgehen, welches gar leicht mit dem Ocularglas des astronomischen Sehrohrs, welches die Objecte multipliciret, kann erkannt werden; man zehlet endlich die Umgänge der Schraube und die Theile einer Revolution, welche zwischen der Weite der Fäden sich ereignen, und machet eine Tabell vor die Umgänge

der Schraube und ihrer Theile, welche einer jeden Minuten, und einer jeden Secunde zukommen, nach dem Winkel, der einer ganzen Weite zugehört, wie wir vor gesagt haben, bekannt worden. . . .

Diese Methode ist gar bequem, um die scheinbaren Diameter der Planeten zu messen. . . .

Nach eben dieser Methode kann man auf der Erde die kleine Weiten beobachten, und zwar viel leichter als die Körper am Himmel, weil das Object sich allda nicht bewegt. «

Distanzmesser mit einem Okularfilar-Schraubenmikrometer wurden ehemals auch von Meyerstein in Göttingen hergestellt und von Hunaeus in dem Werke »Die geometrischen Instrumente«, Hannover 1864 beschrieben. Dieselben haben aber wahrscheinlichst keine praktische Verwendung gefunden.³⁾

Erst gelegentlich der in den siebziger Jahren des vorigen Jahrhunderts bewirkten Neuaufnahmen verschiedener Staatsforste im beschwerlichen Alpengebiete wurde seitens einiger Ingenieur-Abteilungen der Staatsforstverwaltung dem optischen Distanzmessen größere Beachtung geschenkt, nachdem erkannt worden war, daß die Methoden der direkten Längenmessung im coupierten Terrain nicht rationell anwendbar sind. Die gemachten Erfahrungen hat Forstrat Josef Friedrich in seiner Schrift: »Das optische Distanzmessen« bekanntgegeben. Hierin wird dem Forstmann insbesondere der Distanzmesser nach Reichenbach und jener mit dem Okularfilar-Schraubenmikrometer zur Anwendung empfohlen und bemerkt, daß der Reichenbach'sche Distanzmesser wegen des geringeren Grades der Genauigkeit nur bei der Aufnahme des sogenannten veränderlichen Details und der minder wichtigen Situation mit Vorteil anzuwenden sei.⁴⁾

Das Okularfilar-Schraubenmikrometer, welches bei den für die Ingenieur-Abteilungen des k. k. Ackerbauministeriums und der k. k. Forst- und Domänen-Direktionen im Jahre 1877 von der Firma Starke und Kammerer gelieferten Instrumenten angebracht war, zeigte bereits das gegenwärtig allgemein bekannte Konstruktionsprinzip. Dieses ist von G. Starke entworfen worden, wobei als Vorbild die Konstruktion des Mikrometers gedient hat, welches in der Werkstätte der genannten Firma seit dem Jahre 1830 für Mikroskope zur Untersuchung von Kreisteilungen gebaut wird.⁵⁾ Durch entsprechende Stellung des beweglichen Fadens konnte die Distanzmessung auch nach Reichenbach'scher Methode vorgenommen werden.

Forstrat Friedrich zog das gewöhnliche Fernrohr (mit Additionskonstante c) dem Porro'schen vor. Seine Distanzlatte trug 2 Arten von Theilungen: eine Zentimetertheilung für Distanzmessungen nach Reichenbach'scher Methode und eine durch

¹⁾ Seite 5 desselben Werkes: »Der Sinus von 90° , welcher der Radius, oder Semidiameter des Circuls ist, wird Sinus totus genennet.«

²⁾ Hier fehlt zum Fernrohrdistanzmesser mit festen Fäden nur noch die Verwendung einer entsprechenden Latte; vergl. hiezu diese Zeitschrift, 1907, S. 13 (Watt's Erfindung).

³⁾ J. Friedrich, das optische Distanzmessen, Wien 1881, S. 41. C. Reinherz in Jordan's Handb. d. Vermessungskunde II., 1904, S. 673.

⁴⁾ J. Friedrich's Schrift, S. 3, 16, 39 u. 61.

⁵⁾ Briefliche Mitteilung des math.-mech. Institutes Starke und Kammerer; vergl. Tichy in Wochenschrift d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver., 1878, S. 192.

aufgewalzte, scharfpontierbare Zielscheiben von $\frac{1}{2}$ bis ein Meter gegenseitigem Abstand gegebene Teilung für Distanzmessungen mit dem Okularfilarschraubenmikrometer. Die Latte besaß 2 verstellbare Stativfüße und eine Vorrichtung zum Vertikalstellen (Libelle oder Senkel.¹⁾)

Die von Friedrich beschriebene Methode der Distanzmessung mit dem Okular-Mikrometer besteht darin, daß der feste und der bewegliche Faden auf je eine der scharf gekennzeichneten Dezimetermarken eingestellt wird, wobei der Fadenabstand in der Regel annähernd 5 Schraubenumdrehungen zu entsprechen hat. Die Ablesungen am Zählrechen und an der Trommelteilung des Mikrometers liefern sodann die genaue Zahl (s) der ganzen und der Bruchteile von Schraubenumdrehungen, welche notwendig wäre, um den beweglichen Faden von der Einstellungs- marken des festen bis zur Einstellungs- marken des beweglichen Fadens zu bringen.²⁾

Für die Horizontal- distanz D und die Höhe h der Einstellungs- marken des fixen Fadens über dem Instrumenten- horizonten ergeben sich die Formeln:

$$\left. \begin{aligned} D &= \frac{K \cdot L}{s} \cdot \cos^2 \alpha + L \sin \alpha \cos \alpha + c \cos \alpha \\ h &= D \cdot \operatorname{tg} \alpha \end{aligned} \right\} \dots 2)$$

Hierin sind K und c Konstanten; α ist der Höhenwinkel der Visur über den festen Faden. Die Berechnung des Ausdruckes für D hat Friedrich durch Tafeln erleichtert.

Nach Friedrich's Erfahrungen, welche sich auf die mit 10 Instrumenten im Laufe von 3 Jahren unter verschiedenen Orts- und Witterungsverhältnissen ausgeführten Messungen stützten, »vermag das Okularfilarschraubenmikrometer bei richtiger Handhabung die direkte Längenmessung solange vollständig zu ersetzen, als von derselben keine größere mittlere Genauigkeit als 0,10% gefordert wird.«³⁾ —

Zwei neue Methoden der Distanzmessung mit dem Okularfilarschraubenmikrometer hat Oberförster A. Tichy angegeben, welcher durch Erhöhung der Genauigkeit der Messungen eine »Präzisionstachymetrie« zu schaffen wußte. Es entstand zunächst das Tachymeter nach Patent Tichy und Starke⁴⁾, dann das logarithmische Universaltachymeter nach Patent Tichy und Starke.⁵⁾

Die Tichy'schen Instrumente besitzen ein anallaktisches Fernrohr; ihr Okularfilarschraubenmikrometer ist mit einem Zählrechen ausgestattet, welcher derart dimensioniert ist, daß beim Arbeiten mit einem Fadenintervall von 5 Zähnen die Multiplikationskonstante gleich 100 ist.

¹⁾ Friedrich, »Das optische Distanzmessen...« S. 16, 41 u. 44. Betreffend die Zielscheiben dieser Latte vergl. Tichy in Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver., 1899, S. 456.

²⁾ Friedrich: Das optische Distanzmessen... S. 53; F. Ilafferl in Mitteilungen des Vereines f. d. Förderung des Lokal- und Straßenbahnwesens, 1898 (S. 12 des Sonderabdruckes).

³⁾ Friedrich: S. 47, 60 u. 106.

⁴⁾ A. Tichy in Wochenschrift d. Ing.- u. Arch.-Ver., 1878, S. 191; A. Schell, Die Tachymetrie mit besonderer Berücksichtigung des Tachymeters von Tichy und Starke, Wien 1880; vergl. auch Zeitschr. f. Vermessungswesen 1881, S. 146—148; etc.

⁵⁾ Vergl. Zeitschrift f. Instrumentenkunde, 1885, S. 400, etc.

Beim Gebrauche des ersterwähnten »Tachymeters nach Patent Tichy und Starke« kann die Horizontaldistanz und der Höhenunterschied unmittelbar an einer Latte mit gleichmäßiger Teilung abgelesen werden. Tichy empfiehlt eine Latte mit Zackenteilung.¹⁾

Der Vertikalkreis des Instrumentes zeigt 3 Abschnitte von Teilungen; der eine Teilungsabschnitt, für welchen der Indexstrich vertikal gerichtet ist, dient zur allfälligen Ablesung des Höhenwinkels α ; die zwei anderen, einander gegenüberliegenden Teilungsabschnitte haben horizontal liegende, mit D bzw. H bezeichnete Indexe und dienen zur Ablesung zweier bestimmter Funktionen von α , nämlich jener Schraubeneinstellungen S_D bzw. S_h am Okularfilarschraubenmikrometer, welche die Distanz D und die Höhe h (d. i. Höhe des vom fixen Faden getroffenen Zielpunktes über dem Instrumentenhorizont) als das Hundertfache der Lattenabschnitte L_D bzw. L_h ergeben.²⁾

Es ist also

$$\left. \begin{aligned} D &= 100 L_D \\ h &= 100 L_h \text{ und } H = h + (I - V) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 3)$$

wobei H den Höhenunterschied zwischen Lattenfußpunkt und Instrumentenstandpunkt, I die Instrumentenhöhe und V die Zielpunkthöhe des fixen Fadens über dem Lattenfußpunkt bedeutet.

Beim Tachymetrieren nach dieser Tichy'schen Methode ist sowohl der Lattenabschnitt, als auch die Entfernung der Distanzfäden variabel. D und h werden ohne weitere Rechnung aus den Lattenablesungen erhalten.³⁾

Das erste Tachymeter nach Patent Tichy und Starke ist Ende 1878 vollendet worden.⁴⁾ —

Das logarithmische Universaltachymeter nach Patent Tichy und Starke dient vorzugsweise zur Anwendung der logarithmischen Methode des Tachymetrierens. Hierbei ist die Bildgröße im Fernrohr konstant, sie entspricht 5 Schraubenumdrehungen. Die zu benützende Latte besitzt logarithmische Teilung; hiedurch wird gegenüber der Teilung mit konstantem Intervall der Nachteil behoben, daß auf kürzere Distanzen das Intervall größer erscheint, als nötig, auf größere Distanzen dagegen zu klein, als daß eine befriedigende Zehntelschätzung möglich wäre. Ist der eine der Fäden auf die Nullmarke der logarithmischen Teilung eingestellt, so befindet sich der zweite Faden unter allen Umständen in einem Intervalle, dessen Größe der jeweiligen Distanz direkt proportional ist. Es erscheint somit auf beliebig große Distanzen eine gleich deutliche Zehntelschätzung möglich, indem bei allen Entfernungen in Intervallen von gleicher scheinbarer Größe geschätzt wird.⁵⁾

¹⁾ Tichy in Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver., 1878, S. 209; Schell: Die Tachymetrie . . ., 1880, S. 23.

²⁾ Vergl. Dolezal in Hartner-Wastler's Nied. Geodäsie, II, 1905, S. 366 etc.

³⁾ Vergl. Friedrich, »Das optische Distanzmessen, 1881, S. 64.«

⁴⁾ Briefl. Mitteilung der Firma Starke und Kammerer.

⁵⁾ Vergl. A. Tichy in Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver., 1892, S. 519; Reinhertz in Jordan's Handb. der Verm.-Kunde, Bd. 2, 1904, S. 707.

Die Grundformeln für die tachymetrischen Elemente sind:

$$\left. \begin{aligned} \log D &= \log (100 L) + A \\ \log h &= \log (100 L) + B \\ H &= h + I - V \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (4)$$

Der Logarithmus des hundertfachen Lattenabschnittes ($\log 100 L$) wird an der Latte mit logarithmischer Teilung abgelesen. Die Teilung hat ihren Nullpunkt zu oberst und ist nach abwärts in Intervallen der zweiten logarithmischen Dezimalstelle entwickelt. Die dritte logarithmische Dezimalstelle wird entweder geschätzt oder nebst der vierten Dezimalstelle durch mikrometrische Messung bestimmt.

Fortsetzung folgt

Zur Geschichte der praktischen Geometrie in Polen.

Von Prof. W. Láska.

(Schluß).

Beweise werden nicht gegeben, da der Verfasser nicht für Gelehrte, sondern für das Volk schreiben will. Zunächst werden die Grundbegriffe der Geometrie erläutert und dann die einfachsten Meßaufgaben mit Hilfe des Ähnlichkeitsprinzips gelöst. Das Urteil kann man dahin fassen, daß das Werkchen heute noch, ohne jede Änderung abgedruckt, seiner Bestimmung entsprechen würde. Bei demselben Drucker erschien im Jahre 1573 ein ähnlich ausgestattetes Werk von 68 ungezählten Seiten über Teichwirtschaft, welches jedoch vieles über Vermessungswesen enthält unter dem Titel:

O. Strumieński: O Sprawie, Sypaniu, Wymierzaniu i Rybieniu stawów (Über Bewirtschaftung, Herstellung, Ausmessung und Fischzucht der Teiche).

Die Bedeutung dieses Werkes für die Geschichte der Nivellierkunst in Polen hat Kucharzewski¹⁾ ausführlich behandelt. Es fand viel Anklang und wurde 1609 von Stroynowski mit Zusätzen unter dem Titel: Opisanie porządku stawowego (Beschreibung der Teichwirtschaft) in Krakau (Druck von Skalski) ohne Strumieński zu nennen, neu herausgegeben. Eine weitere Auflage erfolgte 1636 (Krakau, F. Cezari) sowie 1860 (Warschau, Gawarecki & Kohn).²⁾

Die beste Ausgabe (von Kucharzewski mit Anmerkungen versehen) erschien in der Bibliothek der Krakauer Akademie 1897.

Die in diesem Werke verwendeten Nivellierinstrumente sind im wesentlichen dreierlei Art: Eine Wasserrinne an Enden mit Dioptern versehen, ein wagrechter Stab mit aufmontierter Schrottwage und eine ausgespannte Schnur, auf welcher in der Mitte eine Art umgekehrter Schrottwage aufgehängt ist.

Als nächster Geometer muß Johann Brożek (Broscius)³⁾ genannt werden.

¹⁾ Prz. Techn. 1899, S. 195.

²⁾ In der Bibliothek des Ossolineums in Lemberg befindet sich ein Manuskript (enthaltend wohl die letzte Redaktion) aus dem Jahre 1645.

³⁾ Siehe die Hauptquelle J. N. Franke J. B. akademik krak. 1884 (in poln Sprache). Vergl. auch Kästner, Geschichte der M. III 199, Chasles, Aperçu S. 486, Günther, Verm.-Unters. S. 21, 86.

Über Tachymeter und ihre Geschichte.

Zusammengestellt von Statthalterei-Ingenieur Dr. Hans Löschner.

(Fortsetzung).

Die Höhenmessung bezieht sich auf die Visur über den auf die Nullmarke der logarithmischen Teilung eingestellten Faden. Die Größen A und B, welche Funktionen des Höhenwinkels α darstellen, werden aus Tafeln entnommen.

Durch die Anbringung eines Exzenters ist es bei diesem Instrumente möglich gemacht, das Okular zur Verfeinerung der Beobachtungen stets zentrisch zu dem jeweilig benutzten Distanzfaden einzustellen.

Das erste logarithmische Universaltachymeter wurde im Jahre 1884 vollendet.¹⁾

Tichy hat seinem logarithmischen Tachymeter um das Jahr 1890 eine zweite Form gegeben, bei welcher zum Zwecke der Ermittlung von vier logarithmischen Dezimalstellen statt des Okularfilar-Schraubenmikrometers ein Glasmikrometer mit einem eingeritzten Netz von 11 Vertikalfäden, einem Horizontalfaden und einem Transversalfaden Verwendung findet. Es ergibt sich der Vorteil, daß das Fernrohr beim Einstellen nicht berührt wird und daß daher auch eine weniger geübte Hand scharfe Einstellungen zustande bringt. Das Instrument ist bekannt geworden unter dem Namen logarithmischer Tachymeter von Tichy und Ott. Das angewendete Prinzip hat Tichy als das Prinzip des optischen Meßkeils bezeichnet.²⁾

Betreffend die Genauigkeit der logarithmischen Methode des optischen Distanzmessens wird auf die mehrfach zitierten Ergebnisse der Untersuchungen des Ingenieurs Demarteau hingewiesen. Bei Distanzen von 72 bis 163 m und Höhenwinkeln bis zu 8°, sowie sechsmaliger Wiederholung der einzelnen Ablesungen war der relative Fehler in der Distanz: $\frac{\Delta D}{D} = \frac{1}{3700} = 0.027\%$ (ΔD = mittlerer Fehler einer Messung der Strecke D).

Zum Vergleiche sei angegeben, daß $\left(\frac{\Delta D}{D}\right)$ für eine einmalige Reichensbach'sche Distanzmessung (wie sie in der gewöhnlichen Tachymetrie vorgenommen wird) mit Konstante $C = 100$ bei einer Strecke von 100 m und geringer Neigung der Ziellinie gegen den Horizont angesetzt werden kann mit: $\frac{\Delta D}{D} = \frac{1}{400} = 0.25\%$. (Für größere Entfernungen und größere Visurneigungen werden die Genauigkeitsverhältnisse ungünstiger). Die mit einem Reichensbach'schen Distanzmesser erreichbare Genauigkeit kann aber bei sorgfältigen und wiederholten Messungen noch bedeutend größer werden; ich habe mich hievon bei den Polygonzugmessungen zahlreicher Straßen- und Flußaufnahmen oftmals überzeugt und finde dies auch in mehreren Bekanntmachungen angegeben. Kummer teilt z. B. mit, daß er bei

¹⁾ Briefl. Mitteilung der Firma Starke & Kammerer.

²⁾ A. Tichy in Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver., 1892, S. 534 und A. Ott (Kempten) in Zeitschr. f. Instr.-Kunde, 1893, S. 144.

doppelseitig gemessenen Polygonstrecken von 100 *m* Länge und nahe horizontaler Visur (0 bis 5° Neigung) den mittleren Fehler einer Messung mit ± 0.12 *m*, den mittleren Fehler des Mittels zweier Messungen mit ± 0.09 *m* fand.

Der mittlere Fehler für *H* ergibt sich, wenn der Höhenwinkel α fehlerfrei angenommen werden kann, mit $\Delta H = \Delta h = \text{tg } \alpha \cdot \Delta D$; so daß

$$\frac{\Delta h}{D} = \text{tg } \alpha \left(\frac{\Delta D}{D} \right). \quad 1)$$

Die Aufgabe der Präzisionstachymetrie ist nach Tichy dahin aufzufassen, daß jeder Detailpunkt in horizontalem und vertikalem Sinne innerhalb des Raumes einer um den wahren Punkt herum gedachten Kugel von 5 *cm* Halbmesser genau bestimmt sein sollte.²⁾

Sehr umfangreiche, zumeist auf belebtes Großstadtgebiet sich erstreckende Aufnahmen nach der logarithmischen Methode der Präzisionstachymetrie hat Tichy in den Jahren 1892 bis 1895 anlässlich der Vorarbeiten für den Bau der Wiener Stadtbahn durchgeführt.³⁾

Bald hernach (im Jahre 1898) berichtete Ingenieur Franz Hafferl über seine Aufnahmsarbeiten anlässlich der Verfassung des Detailprojektes für die 19 *km* lange Lokalbahnlinie Kimpolung-Valeputna in Bükowina und teilte mit, daß die erforderliche Genauigkeit für die Polygonzüge nur mit dem logarithmischen Tachymeter von Tichy zu erreichen war.⁴⁾

Schließlich wird noch verwiesen auf die Ergebnisse der von Oberingenieur A. Tichy im Sommer 1902 vorgenommenen Basismessung für die Triangulierung zwecks Ermittlung von Richtung und Länge des Wocheiner-Tunnels. Die ungefähr 1078 *m* lange Basis wurde in 8 Teilstrecken zerlegt und jede derselben dreimal unabhängig gemessen. Die Summen der Längen der Einzelstrecken nach den drei unabhängigen Messungen waren:

1077.581 1077.608 1077.609 *m*

Mit diesem Ergebnisse erscheint neuerlich die bedeutende Leistungsfähigkeit der genialen logarithmischen Methode des optischen Distanzmessens erwiesen.⁵⁾

Die Tachymeter der dritten Gruppe unserer Einteilung haben im allgemeinen ein einfaches Fadenkreuz im Fernrohr; die Bestimmung der Horizontalstanz und der Höhe wird durch genaue Messung der Vertikalwinkel vermittelt, welche den Visuren nach zwei bestimmten Zielpunkten einer vertikal aufgestellten Latte angehören.

¹⁾ Vergl. Hafferl, Technische Trassierung, 1898, S. 12; Doležal in Hartner-Wastler's Lehrbuch, Bd. II, 1905, S. 371; Friedrich, das optische Distanzmessen, 1881, S. 96; Kummer in Zeitschr. f. Vermessungswesen, 1899, S. 485; . . .

²⁾ A. Tichy: Die Präzisionstachymetrie und ihre neuesten instrumentalen Mittel; Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver., 1892, S. 259 u. 514.

³⁾ Zeitschr. f. Instrumentenkunde, 1897, S. 318.

⁴⁾ Mitteilungen des Vereines für die Förderung des Lokal- und Straßenbahnwesens, 1898 (»Technische Trassierung«).

⁵⁾ Vergl. A. Tichy in Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver., 1903, S. 386; hiezu Hammer in Zeitschr. f. Instrumentenkunde, 1904, S. 84, und A. Tichy in Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver., 1896, S. 414. — Doležal's Niedere Geodäsie, Bd. II, 1905, S. 372.

Wir denken uns zunächst eine Latte verwendet, auf welcher 2 Zielscheiben in konstanter Entfernung d befestigt sind. Die Bezeichnung, der Figur 3 zugrunde gelegt, gilt:¹⁾

$$\left. \begin{aligned} D &= \frac{d}{\operatorname{tg} \beta - \operatorname{tg} \alpha} = \frac{\cos \alpha \cos \beta}{\sin (\beta - \alpha)} \cdot d \\ h &= D \cdot \operatorname{tg} \alpha = \frac{\sin \alpha \cos \beta}{\sin (\beta - \alpha)} \cdot d \\ H &= h + J - V \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (5)$$

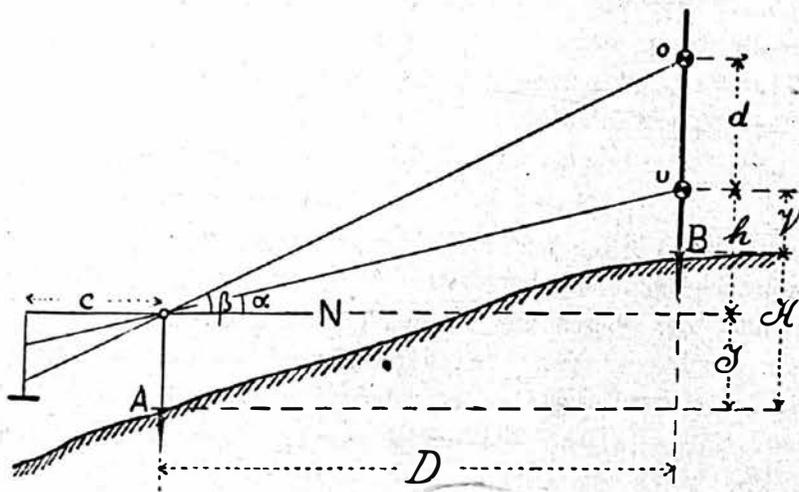


Abb. 3.

Für die Tachymeter mit Tangentialschraube ergeben sich nachfolgende einfache Gleichungen in aller Strenge:

$$\left. \begin{aligned} D &= K \cdot \frac{d}{o - u} \\ h &= \frac{u - N}{o - u} \cdot d; \quad H = h + J - V \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (6)$$

Hiebei bedeutet N die Ablesung an der Schraube für horizontale Visur; u und o sind die Ablesungen bei der Einstellung auf die untere beziehungsweise obere Zieltafel, wobei eine Zunahme der Lesungen mit aufwärtssteigender Visur vorausgesetzt wird; endlich ist $K = \frac{c}{\sigma}$, worin σ die Höhe eines Schraubenganges ausdrückt.

Die Tangentschraube wurde als distanzmessende Schraube — soweit bekannt — zuerst von Ingenieur-Oberst Hogrewe um das Jahr 1800 bei Nivellier-Instrumenten verwendet.²⁾ F. W. Breithaupt hat im Jahre 1810 das Hogrewe'sche Instrument verbessert.³⁾

¹⁾ Vergl. S. Stampfer, Nivellier-Instrumente, Wien, 1839, S. 47; F. Lorber in Wochenschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver., 1881, S. 163; ferner E. Doležal's Handbuch d. Nied. Geodäsie II, 1905, S. 130 u. 135; etc.

²⁾ J. L. Hogrewe, Praktische Anleitung zum Nivellieren oder Wasserwägen, Hannover 1800; vergl. Reinhertz in Lueger's Lexikon, Bd. III, S. 339 u. 342; Ch. A. Vogler in Zeitschrift f. Vermessungswesen, 1891, S. 145.

³⁾ R. Doergens in Zentralblatt der Bauverwaltung, 1893, S. 152.

An Hogrewe's Meßverfahren wurde lange Zeit nichts geändert. Als man die Zielscheiben an den Latten aufgab und nur noch die von Reichenbach eingeführten Latten zum Selbstablesen verwendete, gebrauchte man auch diese nicht anders, wie früher die Latten mit Zielscheiben. Man richtete die Fernrohr-Visur nach wie vor nach 2 markanten Lattenpunkten (z. B. von 2 m Abstand), sowie nach der Horizontalen und notierte die sich hiebei ergebenden 3 Schraubenablesungen.¹⁾

Im Jahre 1838 führte Professor Stampfer bei seinen Nivellier-Instrumenten für die Höhenbewegung des Fernrohres eine Sehnenschraube ein²⁾, bei deren Anwendung zur Festlegung von Stationspunkten nach den Formeln (3) die Vertikalwinkel berechnet werden aus:

$$\left. \begin{aligned} \alpha'' &= a''(u-N) - b''(u^2 - N^2) \\ \beta'' &= a''(o-N) - b''(o^2 - N^2) \end{aligned} \right\}$$

Hierin bedeuten a und b Konstanten des Instrumentes; N, o und u wie früher die Schraubenablesungen für die horizontale Visur (Nullstellung der Schraube) und die Visuren nach der oberen und unteren Distanzscheibe.

Bei der Festlegung von Detailpunkten können die Glieder mit der Konstanten b vernachlässigt werden; ferner kann zumeist $\cos \alpha = \cos \beta = 1$; $\sin \alpha = \alpha$ und $\sin(\beta - \alpha) = \beta - \alpha$ gesetzt werden, womit sich folgende einfache Näherungsformeln ergeben:

$$\left. \begin{aligned} D &= \frac{l}{a} \cdot \frac{d}{(o-u)} = K \cdot \frac{d}{o-u} \\ h &= \frac{u-N}{o-u} \cdot d; \quad H = h + J - V \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (7)$$

Diese einfachen Formeln gelten — wie schon bemerkt — für die Tachymeter mit Tangentenschraube in aller Strenge, was einen Vorzug der letzteren gegenüber den Tachymetern mit Sehnenschraube bildet.

Zur bequemen Ausrechnung der Formeln dienen Hilfstafeln.³⁾

Fortsetzung folgt.

Die österreichischen Vermessungs-Instruktionen.

Von Oberingenieur S. Wellisch.

Bekanntlich beruhen die Detailvermessungen des österreichischen Grundsteuerkatasters auf einer Meßtischaufnahme. Das allgemeine Streben nach Verbesserung der Aufnahmemethoden ist jedoch auch in Oesterreich nicht unbeachtet geblieben, indem bereits durch die zum Gesetze vom 23. Mai 1883, R.-G.-Bl. Nr. 83, erlassenen »Andeutungen hinsichtlich des Verfahrens bei Ausführung der

¹⁾ Ch. A. Vogler in Zeitschr. f. Vermessungswesen, 1891, S. 146

²⁾ S. Stampfer, Nivellier-Instrumente, Wien, 1839; Reinhertz in Lueger's Lexikon Bd. III, S. 339 u. 342. — Über die Genauigkeit des Nivellierens und Distanzmessens nach der Stampfer'schen Methode: v. Nießl, Brünn, 1864.

³⁾ S. Stampfer, Nivellier-Instr., Wien, 1839; dann Stampfer's Theoret. u. prakt. Anleitung zum Nivellieren, in den verschiedenen Bearbeitungen; C. M. Bauernfeld's Tafeln, München, 1858; etc.

Über Tachymeter und ihre Geschichte.

Zusammengestellt von Statthaltereii-Ingenieur Dr. Hans Löschnor.

(Fortsetzung).

Im Jahre 1875 veröffentlichte Prof. Jordan das Ergebnis von Versuchsmessungen mit einem von Mechaniker Hahn (Kassel) konstruierten Schraubensinstrument («Universal-Höhen- und Distanzmeß-Instrument, Bende'scher Konstruktion»¹⁾). Diesem Berichte ist die bemerkenswerte Mitteilung angeschlossen, daß der genannte Mechaniker später zur Vermeidung des «lästigen Schraubens» an Stelle der vertikalen Mikrometerschraube mit Skala eine dreiseitige, prismatische Röhre mit Millimeterteilung einführte. Diese Röhre war verschiebbar und mit Feinstellung versehen. An der Seite eines Schlittenstückes befand sich ein Mikroskop, von welchem ein Trommelteil 0,001 mm entsprach.²⁾ —

Nimmt man bei den Tachymetern mit Tangentialschraube nach dem Vorgange von Prof. Lorber den Schraubenwert $(o - u) = s$ konstant an, und tritt hiemit an Stelle des konstanten Lattenabschnittes d ein an einer geteilten Latte abzulesender variabler Lattenabschnitt L , so folgen die noch einfacheren Formeln³⁾:

$$\left. \begin{aligned} D &= K \cdot \frac{L}{s} \\ h &= (u - N) \cdot \frac{L}{s}; H = h + J - V \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 8)$$

Ist die Konstante des Instrumentes $K = 200$ und macht man $s = 2$, so wird unter der Voraussetzung, daß

$$(u - N) = S$$

eine gerade, ganze Anzahl von Umdrehungen bedeutet:

$$\left. \begin{aligned} D &= 100 L \\ h &= \frac{S}{2} \cdot L; H = h + J - V \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 8^*)$$

Nimmt man endlich S als Vielfaches von 2 an, so daß $S = 2n$ eine ganze Zahl ist, so hat man:

$$h = nL \quad \text{und} \quad H = nL + J - V \dots \dots \dots 9)$$

Wir wollen nun jener Tachymeter gedenken, welchen das Prinzip der «Kontakt-Distanzmessung» zugrunde liegt. Denkt man sich nämlich am Instrumente eine Vorrichtung, welche ermöglicht, das Fernrohr an einer, in konstantem Abstände von der Kippachse befindlichen, vertikalen Schiene um ein linear konstantes Stück niedergleiten zu lassen, so ist die Differenz L der Ablesungen an einer vertikalen Latte, welche bei der Einstellung des Fernrohres auf

¹⁾ Zeitschr. f. Vermessungswesen 1875, S. 285 u. 362.

²⁾ Zeitschr. f. Vermessungswesen 1875, S. 365. — Über die Genauigkeit der Distanzmessung mit Hilfe der Tangentialschraube hat in neuerer Zeit M. Kunze Untersuchungen angestellt: Zeitschr. f. Vermessungswesen 1901, S. 349, und Zeitschr. f. Instrumentenkunde 1902, S. 279.

³⁾ F. Lorber in Wochenschrift des österr. Ing. u. Arch.-Ver. 1881, S. 163.

Anfangs- und Endpunkt dieser konstanten, vertikalen Strecke gemacht werden proportional der horizontalen Entfernung D zwischen Instrumentenstandpunkt und Lattenpunkt. Ein solches Instrument wirkt also in Bezug auf die Distanzmessung «automatisch», indem die Reduktion auf den Horizont keine besondere Arbeit erfordert. Für den Höhenunterschied h folgt:

$$h = D \operatorname{tg} \alpha.$$

Wir führen an: Das Sanguet'sche Tachymeter, bei welchem die Entfernung $D = 100L$ ist und bei welchem zwecks Höhenbestimmung die Tangenten der Neigungswinkel α jeder Visur an einem, neben der Tangentenschraube verlaufenden vertikalen Maßstabe abgelesen werden¹⁾; ferner den «Universal-Tacheograph» von Ziegler-Hager in Luxemburg. Bei dem letztgenannten Instrumente kommt eine Latte mit Nullpunkt oben zur Verwendung. Auf diesen Nullpunkt erfolgt die erste Einstellung der Fernrohr-Visur. Die Konstante des Distanzmessers ist wieder 100, so daß sich wieder $D = 100L$ ergibt. Hingegen werden die Höhenwinkel α an einem Höhenbogen abgelesen; es bedarf somit erst der besonderen Bestimmung von $\operatorname{tg} \alpha$, um den Höhenunterschied $h = D \operatorname{tg} \alpha$ bilden zu können.²⁾

Bei beiden Instrumenten können die Beobachtungen durch Einstellung auf mehr als zwei Marken leicht vervielfältigt werden. —

Neben den Tachymetern mit lotrechter Tangentenschraube bestehen Tachymeter mit horizontaler Tangentenschraube. Hierher gehört zum Beispiel das aus dem Jahre 1868 stammende «Omnimeter» des deutschen Ingenieurs Eckhold, welches sich in England und dessen Kolonien, besonders in Indien und am Kap, dann in den Vereinigten Staaten ziemlich großer Verbreitung erfreut.³⁾ Seit 1895 wird dieses Instrument unter Berücksichtigung verschiedener, aus England stammender Verbesserungen auch in Deutschland, nämlich bei A. Ott (Kempten) angefertigt. Im folgenden ist eine kurze Beschreibung der Konstruktion gegeben.

In fester Verbindung mit der Kippachse des Theodolitfernrohres steht ein gebrochenes Mikroskop, dessen Okular unmittelbar neben dem Fernrohrökular sich befindet und dessen zunächst parallel zur Visierlinie gerichtete Ziellinie nach der Reflexion an der Hypotenusenfläche eines Prismas die Fernrohrvisur in vertikaler Ebene senkrecht kreuzt. Zwischen den Fernrohrträgern liegt horizontal und in der Zielebene des Mikroskops eine Tangentenskala, welche beim Gebrauche des Instrumentes durch eine feine Mikrometerschraube so weit verschoben wird, bis der Mikroskopfaden den zuletzt abgelesenen Teilstrich der Tangentenskala faßt. Die Skala enthält 200 Teile von je $\frac{1}{2} \text{ mm}$ Länge. Die Mikrometerschraube mißt die Verschiebung bis auf $\frac{1}{2000} \text{ mm}$. Bei den Messungen ist besonders darauf zu sehen, daß bei richtiger und einspielender Nivellierlibelle und bei Nullstellung

¹⁾ M. Petzold in Zeitschr. f. Vermessungswesen 1896, S. 144 u. 700; Vogler in Zeitschrift f. Instrumentenkunde 1897, S. 31 u. 117; Reinbertz in Jordan's Handb. d. Vermessungskunde, Bd. II, 1904, S. 700.

²⁾ Hammer in Zeitschr. f. Instrumentenkunde 1894, S. 103 u. 242, desgl. 1898, S. 223; Jordan in Zeitschr. f. Vermessungswesen 1893, S. 549; Engineering 1898, p. 558.

³⁾ Jordan in Zeitschr. f. Vermessungswesen 1875, S. 207; Hammer in Zeitschr. f. Instrumentenkunde 1895, S. 233.

der Mikrometerschrauben-Trommel, der Strich 100 (d. i. der Mittelstrich) der Skala vom Mikroskopfaden gefaßt erscheint.

Die Latte wird vertikal gestellt, sie trägt entweder zwei Zielmarken oder zwei Zieltäfelchen im Abstände von genau 2, 3 oder 4 Meter, oder es ist eine gewöhnliche Latte mit Zentimeterteilung, je nachdem man bei der Distanzmessung den Lattenabschnitt (Hogrewe-Stampfer), oder aber die Anzahl der Schraubenumdrehungen, bezw. hier besser: die Anzahl der Tangentenskalenteile zwischen den Einstellungen auf den unteren und oberen Lattenpunkt (Lorber) konstant lassen will.

Sind u und o die mittelst des Mikroskops auf der Tangentenskala abgelesenen Strecken, welche den Fernrohrzielungen nach den zwei festen Punkten U und O im konstanten Abstand d auf der Latte entsprechen, so ist:

$$\text{Horizontaldistanz } D = k \cdot \frac{d}{o - u} \dots \dots \dots 10)$$

worin k den konstanten Abstand zwischen Fernrohr-Kippachse und Oberfläche der Tangentenskala bedeutet.

Die Höhenunterschiede h_u , bezw. h_o zwischen Kippachse des Instrumentes und der unteren, bezw. oberen Lattenmarke sind:

$$h_u = \frac{u \cdot D}{k}; \quad h_o = \frac{o \cdot D}{k} \dots \dots \dots 10^*)$$

Das Eckhold-Ott'sche Omnimeter, mit welchem Prof. Hammer praktische Versuche mit befriedigendem Ergebnisse vollführt hat, ist zwar frei von dem Nachteil mancher Schraubendistanzmesser: die ganze Neigungsveränderung des Fernrohres durch Benützung einer feinen Schraube bewerkstelligen zu müssen, hingegen bringt es die unbequeme und zu einer, bei feineren Arbeiten wohl beachtenswerten Fehlerquelle führende Notwendigkeit mit sich, nach jeder bedeutenderen Neigungsänderung des Fernrohres das Objektiv des Mikroskops zu verschieben, um die Ablesung an der Tangentenskala entsprechend der geänderten Entfernung des Mikroskops von der letzteren ausführen zu können. Schließlich besitzt das Instrument den Übelstand aller Tangententachymeter, daß man die Einstellung und Ablesung für den oberen und unteren Lattenpunkt nicht — wie beim Fadendistanzmesser — so gut wie gleichzeitig machen kann, sondern dazwischen verschiedene Handgriffe am Instrumente machen muß.¹⁾

Ein neueres, dem Eckhold'schen Omnimeter aber vollkommen ähnliches Instrument ist der «Tachymetertheodolit mit Tangens-Ablesung von Bell-Elliott».²⁾

Ich erwähne hier weiter den «Gentilli-Starke'schen Contact-Distanzmesser» aus dem Jahre 1868, bei welchem die Einrichtung getroffen worden ist, daß das Fernrohr einen konstanten Winkel durchläuft und der Lattenabschnitt verschiedene Größen erhält. Das Fernrohr wurde mit einem nach abwärts gerichteten Klemmarm verbunden, welcher bei Benützung einer horizontalen Stell-

¹⁾ Vergl. Hammer in Zeitschr. f. Instrumentenkunde 1899, S. 283.

²⁾ Engineering 1898, p. 743; Zeitschr. f. Instrumentenkunde 1899, S. 282; Elliott, Surveying instruments, London, W. C. 1902, p. 4.

schraube zwischen zwei, in konstanter (aber justierbarer) horizontaler Entfernung befindlichen Anschlägen sich verstellen ließ.

Das Instrument war mit Horizontalkreis, Höhenquadranten und Nivellierlibelle ausgestattet. Die Latte wurde in der Regel mittelst Absehens normal zu jener Visur gerichtet, welche die Latte in der Instrumentenhöhe traf, sie konnte aber auch in vertikaler Lage in Gebrauch kommen: dies hatte nur eine Änderung der Rechnung zur Folge. Für die Entfernung E in Richtung der Visur hatte man bei normal zur Visur gestellter Latte:

$$E = 100 L$$

(L ist der veränderliche Lattenabschnitt ¹⁾) —

Schließlich sei noch auf die Hebel-Distanzmesser (Kontakt-Streckenmesser) des G. Coradi vom Jahre 1877 und des Landmessers Loewe vom Jahre 1895 hingewiesen.²⁾ — —

Einen bemerkenswerten Vorteil bietet die Tangentenschraube bei Fäden-tachymetern.³⁾

So vermag man beispielsweise mit dem Tangententachymeter von Meißner in Berlin, welcher die Bestimmung von Entfernungen und Höhenunterschieden auf doppelte Weise, nämlich einmal mit Porro'schem Distanzmesser nebst Höhenkreis, dann mit Verwendung der Tangentenschraube durchführen läßt, in bequemer Weise Höhenunterschiede nach Geländepunkten von gemessener Entfernung vom Instrumentenstandpunkte aus zu übertragen ⁴⁾

Das Instrument ist bei den preußischen Eisenbahntruppen eingeführt.

Eine weitergehende Verwertung findet die Tangentenschraube bei dem nach den Angaben des Prof. A. Klingatsch im Jahre 1905 angefertigten «Faden-tachymeter mit Mikrometerschraube von R. und A. Rost». Hier wird durch Vergrößerung des distanzmessenden Winkels die Genauigkeit einfacher Messungen erhöht, ferner werden schneller als ohne Schraube wiederholte Messungen erhalten und endlich ermöglicht die feine Mikrometerschraube, von welcher fünf Umdrehungen eine Neigungsänderung der Fernrohrvisur um 2062, 65" bewirken, die Durchführung von Präzisionsmessungen nach den Tichy'schen Methoden. Bezüglich der Konstruktion dieses Instrumentes wird auf die Veröffentlichungen in der Zeitschrift für Vermessungswesen 1905, S. 337 und 353, und in der Zeitschrift für Instrumentenkunde 1905, S. 305, verwiesen. Die in letzterer Zeitschrift bekanntgegebenen Messungsergebnisse zeigen, daß das Instrument als Präzisionstachymeter vollkommen verwendbar ist. Es erscheint somit ein leichtes, handliches Instrument geboten, mit welchem nebst gewöhnlichen auch präzise Tachymetermessungen vor-

¹⁾ Gentilli in Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1868, S. 23.

²⁾ F. Brönnimann in Zeitschr. f. Vermessungswesen 1895, S. 563, und Loewe in derselben Zeitschrift 1895, S. 289; Hammer in Zeitschr. f. Instrumentenkunde 1896, S. 279; Rein-hertz in Lueger's Lexikon, Bd. III, S. 339.

³⁾ Vergl. auch F. Brönnimann in Zeitschr. f. Vermessungswesen 1895, S. 565.

⁴⁾ Zeitschr. f. Vermessungswesen 1889, S. 393; Zeitschr. f. Instrumentenkunde 1891, S. 148; R. Dörgens im Zentralblatt der Bauverwaltung 1893, S. 152 und 1900, S. 458; Zeitschr. f. Instru-mentenkunde 1900, S. 335; Rein-hertz in Jordan's Handb. der Vermessungskunde, Bd II, 6 Aufl. 1904, S. 696.

genommen werden können und bei welchem die den gewöhnlichen Fadendistanz-
messern eigentümlichen Vorteile der Unveränderlichkeit des Abstandes, der Distanz-
fäden und der vollständigen Freihaltung des Gesichtsfeldes, mit dem den Schrau-
bendistanzmessern zukommenden Vorteile der leichten Abstimmung der Instrumen-
tenkonstante C vereinigt sind. (Fortsetzung folgt.)

Genauigkeit und Prüfung einer stereophotogram- metrischen Aufnahme.

Von Eduard Doležal, o. ö. Professor an der k. k. technischen Hochschule in Wien.

(Schluß).

IV. Prüfung einer stereophotogrammetrischen Aufnahme.

Kommen bei der stereophotogrammetrischen Aufnahme auf dem aufzunehmenden Teile der topographischen Fläche Punkte vor, die ihrer Lage und Höhe nach bekannt sind und auf zwei zusammengehörigen Aufnahmen abgebildet erscheinen, so können sie als Probe- oder Kontrollpunkte zur Prüfung der Genauigkeit und Brauchbarkeit der betreffenden Aufnahme mit großem Vorteile verwertet werden.

Mit Rücksicht auf das Vorhandensein oder den Mangel solcher Punkte lassen sich für die praktische Ausführung der Aufnahme, ihre Genauigkeit und Prüfung folgende zwei Fälle unterscheiden.

Erster Fall: Die aufzunehmende Terrainfläche enthält mehrere ziemlich gleichmäßig zerstreut liegende trigonometrisch bestimmte Punkte, Kontrollpunkte (Fig. 5).

In diesem Falle erfolgt die photographische Aufnahme des Terrainobjektes an den beiden Endpunkten S_1 und S_2 der entsprechend gewählten Basis mit einem gewöhnlichen, jedoch scharf rektifizierten Phototheodolite dadurch, daß man die photographischen Platten der Kamera an den beiden Stationen, den Basispunkten, mittels des Horizontalkreises eines gewöhnlichen Phototheodolites bis auf $1' - \frac{1}{2}'$ genau parallel stellt und die photographische Aufnahme ausführt.

Eine stereophotogrammetrische Aufnahme fordert allerdings, daß die photographischen Platten während der Exposition in den beiden Endpunkten der Basis bis auf einige Sekunden genau in einer Ebene liegen.

Wie wir in der Folge zeigen werden, ist man durch die Probepunkte in den Stand gesetzt, mit aller Schärfe den Neigungswinkel φ

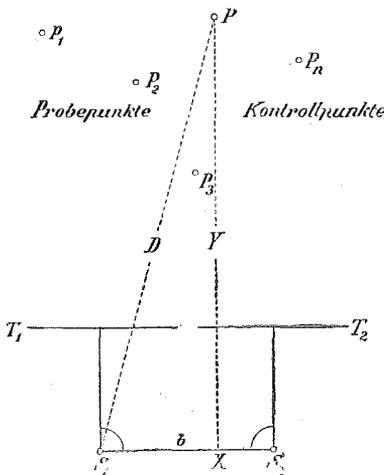


Fig. 5.

Die Fuchs'schen Eigengewichte verschwenken demnach die gegebenen Geraden derart, daß die wahrscheinlichste Punktlage des deformierten Fehlerpolygons zusammenfällt mit der Schwerpunktslage des ursprünglichen Polygons, womit aber die Forderung der Methode der kleinsten Quadrate, die Summe der Quadrate der Beobachtungsfehler zu einem Minimum zu machen, ignoriert wird. Es sollte aber, wenn nach der Methode der kleinsten Quadrate ausgeglichen wird, nach dem Vorbilde eines Gauss, Bessel und Hansen unbedingt daran festgehalten werden, daß nur diejenigen Werte, welche unmittelbar durch Beobachtung gegeben sind, verbessert werden, um den Bestimmungsgleichungen zu genügen und nicht solche Werte, die erst aus den Beobachtungen durch Ableitung gewonnen werden müssen. (Vergl. Wellisch: «Über die Prinzipien der Ausgleichsrechnung» in der «Zeitschr. f. Vermessungsw.» Stuttgart 1907, S. 579).

(Fortsetzung folgt.)

Über Tachymeter und ihre Geschichte.

Zusammengestellt von Statthalterei-Ingenieur Dr. Hans Löschner.

(Fortsetzung).

Die vierte Gruppe in unserer Tachymeter-Einteilung umfaßt die automatischen Tachymeter, bei welchen die tachymetrischen Elemente D und h unmittelbar aus den Lattenablesungen — ohne besondere Rechnung — erhalten werden.

Hierher wird zunächst das schon früher erwähnte Tachymeter nach Patent Tichy und Starke gezählt.

Ein weiteres Tachymeter dieser Gruppe hat Prof. E. Hammer im Jahre 1894 entworfen, nachdem schon früher, besonders in Frankreich und Italien, Instrumente gebaut worden waren, bei welchen die Horizontaldistanz — nicht aber der Höhenunterschied — an der Latte abgelesen werden konnte.¹⁾ Die Veranlassung zum Entwurfe Hammer's gab das «Reduktionstachymeter» von G. Roncagli und E. Urbani, bei welchem ein verschiebbares, nach der Beziehung $L \cos^2 \alpha$ geteiltes Glasmikrometer entsprechend dem am Vertikalkreis abgelesenen Zenitwinkel eingestellt wird und sodann unmittelbar den der horizontalen Entfernung entsprechenden Lattenabschnitt liefert.²⁾ Während nun nach Roncagli eine Verschiebung des

¹⁾ Hammer in Zeitschrift für Instrumentenkunde 1898, S. 241; Reinhertz in Jordan's Handbuch der Vermessungskunde Bd. II, 1904, S. 740.

²⁾ Zeitschrift für Instrumentenkunde 1893, S. 381 und 1895, S. 180. — Den gleichen Zweck verfolgen u. a. die Anordnungen von Baggi und von V. Reina. — Zeitschrift für Instrumentenkunde 1896, S. 340 und 1897, S. 287. — Bezüglich der französischen Instrumente ist insbesondere auf das Werk: «Goulier, Etudes théorétiques et pratiques sur les levers topométriques et en particulier sur la tacheométrie, Paris 1892» hinzuweisen. — Vergl. auch in Zeitschrift für Instrumentenkunde 1899, S. 191: A. Champigny's selbstrechnender Tachymetertheodolit für Ablesung von Horizontaldistanz und Höhenunterschied; ferner in Zeitschrift für Instrumentenkunde 1899, S. 377: Tachymeter von M. Nassò und endlich in Zeitschrift für Instrumentenkunde 1897, S. 155, über den automatisch wirkenden Tachygraphen von F. Schrader, eines durch seine topographischen Arbeiten in den Pyrenäen und als Leiter der geographischen Anstalt der Hachette'schen Buchhandlung in Paris bekannt gewordenen Ingenieur-Geographen.

Diagramms nach Maßgabe des Höhenwinkels erst zu bewirken war, richtete Prof. Hammer diese Verschiebung selbsttätig wirkend ein, so daß Höhenwinkel überhaupt nicht abzulesen kommen. Auch die Ablesung des Höhenunterschiedes wurde durch eine Erweiterung des Diagramms ermöglicht. Hammer's Absicht war dabei, nicht etwa ein Instrument für die Präzisionstachymetrie, sondern ein den Anforderungen der topographischen Tachymetrie genügendes Instrument zu schaffen, welches die üblichen Entfernungen mit einem Fehler von etwa $\frac{1}{500}$ und die Höhenunterschiede mit einem Fehler von wenigen Dezimetern zu geben vermag.

Nachfolgend eine Skizze der Theorie des Instrumentes.

Wird mit einem Distanzmesser mit Porro'schem Fernrohr bei dem Höhenwinkel α der Visur an einer vertikalen Latte der Abschnitt L abgelesen, so folgt für die horizontale Entfernung D zwischen Instrumentenstandpunkt und Lattenstandpunkt:

$$D = C \cdot L \cos^2 \alpha$$

Hierin ist Konstante $C = \frac{f f_1}{a (f + f_1 - b)} = \frac{K}{a}$, wenn f die Brennweite des Objektivs, f' die Brennweite der Zwischenlinse, a den unveränderlichen Abstand der Distanzfäden und b den unveränderlichen Abstand der Porro'schen Zwischenlinse von der Objektivlinse bedeutet.

Hammer führt nun einen mit dem Höhenwinkel α sich ändernden Fadenabstand

$$a' = a \cos^2 \alpha \quad (\text{bezw. Lattenstück } L' = L \cdot \cos^2 \alpha)$$

ein, so daß nicht nur für horizontale, sondern auch für geneigte Visuren die einfache Beziehung besteht:

$$D = \left(\frac{K}{a'} \cos^2 \alpha \right) L' = C L' \dots \dots \dots 11)$$

Das Okular des Instrumentes besaß nach dem ersten Entwurfe Hammers ein aus zwei getrennten Teilen bestehendes Fadensystem: einen wie gewöhnlich angebrachten festen Vertikalfaden und ein knapp dahinter befindliches, auf Glas verzeichnetes Diagramm, welches bei den Hebungen und Senkungen des Fernrohres selbsttätig hin- und hergeschoben wurde.

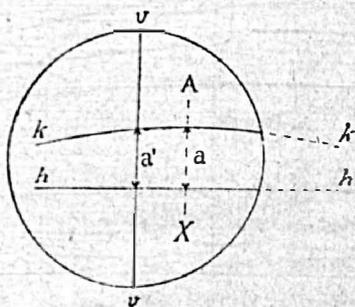


Fig. 4.

Figur 4 zeigt den Anblick im Gesichtsfeld, wenn die Visur unter einem bestimmten Höhenwinkel α gedacht wird. Die Axe AX des Diagramms, welches eine Horizontale hh und eine Kurve kk zeigt, erscheint gegen den festen Vertikalfaden vv so verschoben, daß der letztere das Diagramm nach zwei Punkten im Abstände $a' = a \cos^2 \alpha$ schneidet. Mit a' ist der beim Ablesen an der Latte zu benützte «Fadenabstand» gegeben. Bei horizontaler Visur wird dieser Fadenabstand gleich a.

Um die Horizontalentfernung D möglichst einfach zu erhalten, wird mit dem Horizontalfaden hh auf den Nullpunkt der Latte, welcher sich im Abstände der mittleren Instrumentenhöhe $J = 1.35 \text{ m}$ vom Fußpunkt der Latte befindet, eingestellt.

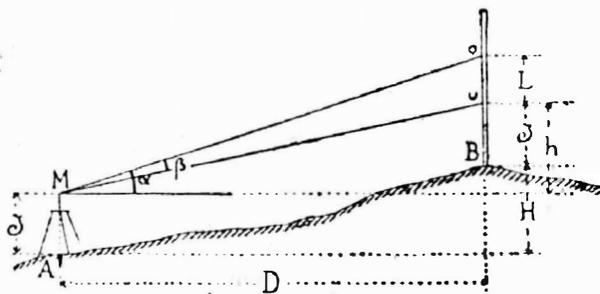


Fig. 5.

In das Diagramm der Horizontalabstände sind nun auch die Linien für die Höhenmessung aufgenommen. Bei Beobachtungen mit gewöhnlichen Tachymetern findet sich als Höhenunterschied h zwischen Fernrohr-Kippachse des Instrumentes und Lattenpunkt am Mittelfaden (Figur 5):

$$h = D \operatorname{tg} \alpha$$

Für Tachymeter mit Porro'schem Fernrohr folgt:

$$h = CL \cos^2 \alpha \operatorname{tg} \alpha = CL \frac{1}{2} \sin 2\alpha$$

Beim Hammer'schen Instrumente ist α der Höhenwinkel der Zielung über den Faden (hh); ferner hat man $D = 100 L'$

daher $h = 100 L' \operatorname{tg} \alpha$

oder $h = kL'' \dots \dots \dots 11^*)$

wenn k eine Konstante und L'' eine bestimmte Lattenablesung bezeichnet.

Hammer setzt $k = 20$; womit

$$L'' = 5 L' \operatorname{tg} \alpha$$

und die im Höhendigramme zu verzeichnenden Abstände a'' von der Horizontallinie hh:

$$a'' = 5 a \frac{1}{2} \sin 2\alpha$$

Der Höhenfehler von wenigen Zentimetern, welcher entsteht, wenn die tatsächliche Instrumentenhöhe von der mittleren Instrumentenhöhe J abweicht, wird vernachlässigt.

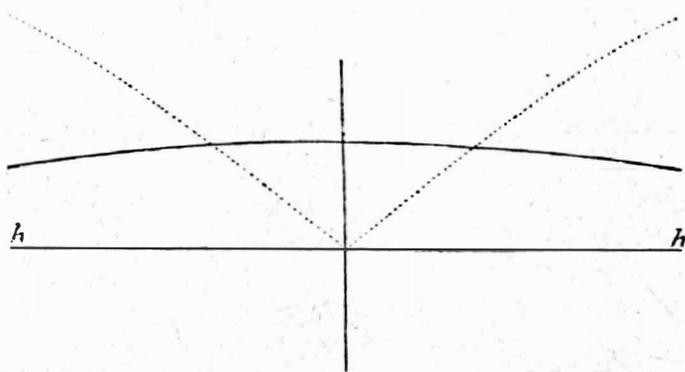


Fig. 6.

Das vollständige Diagramm für Distanz- und Höhenmessung zeigen die in Fig. 6 verzeichneten Linien. Beim Gebrauche wird der Faden hh auf den Nullpunkt der vertikal stehenden Latte und der feste Vertikalfaden vv auf die Längsaxe der Latte eingestellt. Die Ablesung am Distanzfaden gibt sodann, mit 100 multipliziert, die Horizontalabstanz D ; die Ablesung am Höhenfaden, mit 20 multipliziert, den Höhenunterschied h .

Hammer hat auf Grund der vorstehenden Erwägungen ein Modell für ein Instrument anfertigen lassen und mit demselben Versuche ausgeführt, welche befriedigendes Ergebnis hatten.¹⁾

¹⁾ Über die Versuche: Zeitschr. f. Instrumentenkunde 1898, S. 249.

Um das Jahr 1900 hat Mechaniker Fennel in Cassel die Konstruktion des Hammer'schen Instrumentes verfeinert; es entstand der «Hammer-Fennel'sche Tachymeter-Theodolit».¹⁾ Das Prinzip dieser verfeinerten Konstruktion ergibt sich aus dem folgenden:

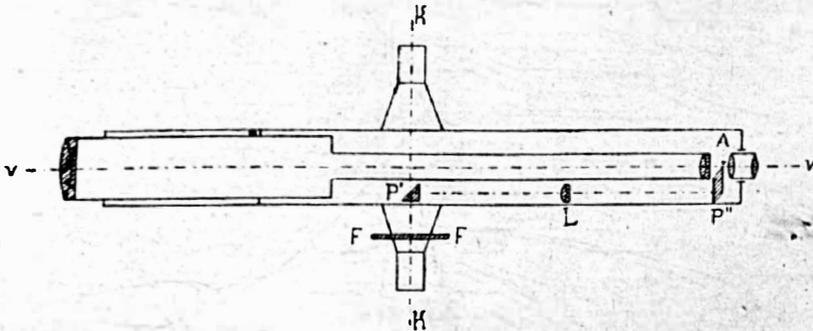


Fig. 7.

Das auf einem Glasplättchen FF aufgetragene Diagramm sitzt auf der Fernrohrkipppachse KK (Figur 7 und 8) senkrecht auf und macht die Drehbewegungen des Fernrohres mit. Dementsprechend ist die Grundlinie GG des Diagramms keine

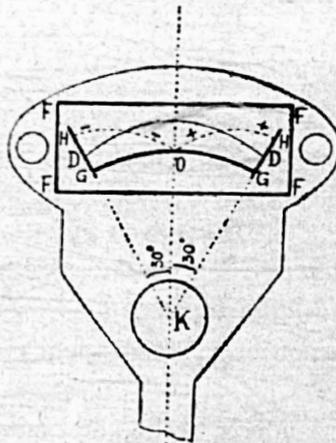


Fig. 8.

Gerade, sondern, wie Figur 8 zeigt, ein Kreis. Der jeweilig maßgebende Teil des Diagramms wird in der linken Hälfte des Gesichtsfeldes im Porro'schen Fernrohre mittelst eines Prismensystems ersichtlich gemacht, indem die vertikale Prismenkante AA (Figur 7 und 9) bis zur vertikalen Mittellinie des Gesichtsfeldes reicht. Diese Prismenkante AA dient als Vertikalfaden, während in der Bildebene des Okulars ein Horizontalfaden NN (Figur 9) als fixer Nullfaden aufgespannt ist, welcher auf den Nullpunkt der Latte einzustellen kommt und von welchem aus die Lattenabschnitte zu zählen sind. Die Figur 9 zeigt den Anblick im Fernrohr

¹⁾ Hammer, Der Hammer-Fennel'sche Tachymetertheodolit und die Tachymeterkippregel zur unmittelbaren Lattenablesung von Horizontalanz und Höhenunterschied, Stuttgart 1901; Zeitschrift für Vermessungswesen 1901, S. 153, ebenda 1902, S. 144; Zeitschrift für Instrumentenkunde 1900, S. 328 und 1902, S. 21; Reinhertz in Jordan's Handbuch der Vermessungskunde, Bd. II, 1904, S. 701; Doležal in Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines 1902, S. 831, etc.

bei aufwärts gerichteter Visur. Ist das Instrument rektifiziert und die Visur horizontal gerichtet, so erscheint im Gesichtsfeld die vertikale Axe des Diagramms in die Ablesekante fallend. Beim Kippen des Fernrohres verschiebt sich selbsttätig das Diagramm derart, daß der Grundkreis GG stets den fixen Nullfaden NN

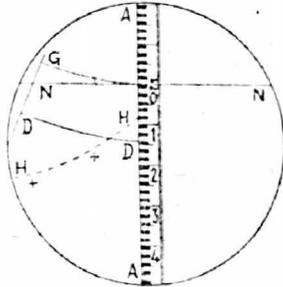


Fig. 9.

berührt. Die Unterscheidung der Höhen- von den Tiefen-Visuren ist durch die (+) und (−) Zeichen im Diagramm ermöglicht. Das Instrument ist für Höhen- und Tiefenwinkel bis zu 30° verwendbar.

Die Ablesung nach Figur 9 ergibt:

$$\text{Horizontaldistanz } D = 100 \times 0.14 = 14.0 \text{ m}$$

$$\text{Höhenunterschied } h = + 20 \times 0.080 = + 1.60 \text{ m}$$

Über das Ergebnis der Genauigkeitsversuche berichtet Professor Hammer, «daß bei den gewöhnlich vorkommenden Zielungen bis zu 250 m und Höhenwinkeln bis zu einigen 20° (für kleinere Entfernungen) die Fehler in den horizontalen Entfernungen nicht über einige Dezimeter und die Fehler in den Höhenunterschieden nicht über 0.1 bis 0.2 m hinausgingen, so daß also in der Tat den bei der topographischen Tachymetrie zu stellenden Genauigkeitsansprüchen genügt ist.»¹⁾

Prof. Hammer bemerkt an anderer Stelle, daß mit dem Hammer-Fennel'schen Tachymeter-Theodolit die Aufgabe des selbstrechnenden Tachymeters in einfacherer und vollkommenerer Weise gelöst ist, als bei allen bis jetzt bekannt gewordenen Konstruktionen und daß sich bezüglich Schnelligkeit und Bequemlichkeit der Arbeit jedenfalls keine der zahlreichen französischen und italienischen Konstruktionen für das Tachymeter «autoréducteur» (autoriduttore) mit der genannten Konstruktion messen kann.

Vergleicht man die zur Bestimmung von Entfernung und Höhenunterschied notwendigen Arbeiten beim Hammer-Fennel'schen Instrumente mit jenen beim gewöhnlichen Tachymeter, so läßt sich gleichfalls eine nennenswerte Verringerung an Ablese- und Rechenarbeit beim erstgenannten Instrumente feststellen.²⁾

(Fortsetzung folgt)

¹⁾ Zeitschrift für Instrumentenkunde 1902, S. 25. Über Genauigkeitsversuche vergl. auch Zeitschrift für Vermessungswesen 1902, S. 144 (Koppe) und 1903, S. 691 (Heer).

²⁾ Zeitschrift für Instrumentenkunde 1900, S. 329

ÖSTERREICHISCHE ZEITSCHRIFT FÜR VERMESSUNGSWESEN.

ORGAN

DES

VEREINES DER ÖSTERR. K. K. VERMESSUNGSBEAMTEN.

Redaktion: Prof. E. Doležal und Obergeometer L. v. Klátecki.

Doppelheft
Nr. 19—20.

Wien, am 1. Oktober 1907.

V. Jahrgang.

Über Tachymeter und ihre Geschichte.

Zusammengestellt von Statthaltereii-Ingenieur Dr. Hans Löschner.

(Fortsetzung).

In die Gruppe der automatischen Tachymeter gehört auch das «Tachymeter Láska-Rost», welches ohne besondere Rechnung die Horizontaldistanz D und den Höhenunterschied h an der Latte ablesen läßt. «Die zu erreichende Genauigkeit soll möglichst der eines gleich großen Doppelfaden-Tachymeters gleich sein». ¹⁾

Bei diesem Instrumente trägt das anallaktische Fernrohr senkrecht zu seiner optischen Axe einen nach abwärts gerichteten Hebel, dessen eine Begrenzungsfläche mit der Fernrohrkipkachse in einer Ebene liegt. Auf diese Begrenzungsfläche des Hebels wirkt in horizontaler Richtung eine Stahlschneide, welche bei der durch zwei Anschläge begrenzten Betätigung einer Tangentialkippschraube um ein konstantes Stück verschoben wird. Hiedurch findet ein bestimmtes Heben oder Senken des Fernrohres statt.

Das Instrument besitzt weiter zur Ermöglichung der einfachen Bestimmung von Höhenunterschieden ein drehbares Okular-Filar-Schraubenmikrometer, dessen Schraubenkopf bei Höhenvisuren nach oben, bei Tiefenvisuren nach unten gestellt wird; endlich einen Höhenkreis, welcher nebst dem Höhenwinkel der Visur noch den mit diesem in einer bestimmten Beziehung stehenden Mikrometerschraubenstand σ ablesen läßt.

Das Fadenmikrometer hat einen Vertikalfaden, dann einen über den Nullzahn des Zählrechens gespannten festen und einen beweglichen Horizontalfaden. (Wird der letztere so gestellt, daß sich fünf Zahnücken zwischen ihm und dem festen Horizontalfaden befinden, so kann das Instrument als gewöhnlicher Doppelfadentachymeter Verwendung finden.)

Der Vorgang beim Tachymetrieren ist der folgende: Man richtet das Fern-

¹⁾ Láska in Zeitschrift für Instrumentenkunde 1905, S. 225; ferner: Das Universal-Tachymeter Patent Láska-Rost, von Ing. Dr. Th. Dokutil, Wien 1906.

rohr nach einer vertikalen Latte, liest den, dem jeweiligen Höhenwinkel entsprechenden Wert σ am Höhenkreise ab und bringt ihn am Okular-Filarschraubenmikrometer zur Einstellung. Dann wird der feste Faden abgelesen (f_1). Nun folgt die Kippung des Fernrohres unter Verwendung der Tangentenkippschraube, worauf sowohl der feste Faden (f_2), als auch der bewegliche Faden (b) abgelesen wird.

Es ergibt sich:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Horizontaldistanz } D = 100 (f_1 - f_2) \\ \text{Höhe } h = 100 (f_1 - b) \end{array} \right\} \dots \dots \dots 12)$$

Höhenunterschied H zwischen Lattenfußpunkt und Instrumentenstandpunkt:

$$H = h + (j - f_1) \dots \dots \dots 12^*)$$

Da der Höhenkreis auch eine gewöhnliche Gradteilung zur Ablesung der Höhenwinkel α besitzt, so kann die Höhe h noch nach einer zweiten Methode ermittelt werden, indem

$$h = D \operatorname{tg} \alpha = 100 (f_1 - f_2) \operatorname{tg} \alpha \dots \dots \dots 13)$$

Diese Methode der Ermittlung von h liefert genauere Ergebnisse und soll daher bei wichtigeren Punkten zur Anwendung kommen.

Zu den Schiebe-, Reduktions- oder Projektionstachymetern, sowie den Tachygraphometern übergehend, wird bemerkt, daß schon im Jahre 1865 der Geometer Kiefer, der bei der ehemaligen Rheinischen Eisenbahngesellschaft in Köln tätig war, auf den Gedanken kam, die Entfernungen und Höhen der aufzunehmenden Punkte an einem horizontalen und einem vertikalen Maßstabe unmittelbar am Instrumente abzulesen. Ein Instrument von Kiefer's Konstruktion hat im Jahre 1873 die Firma F. W. Breithaupt & Sohn für die Rheinische Eisenbahngesellschaft geliefert. Dasselbe wurde als Kippregel auf einem Meßtische verwendet; eine Markiervorrichtung diente zur unmittelbaren Verzeichnung der Lage aller aufgenommenen Punkte auf dem Meßtische: das Instrument war somit ein Tachygraphometer, d. h. ein Instrument, welches ermöglicht, bereits auf dem Felde sowohl die Situation zu entwerfen, als auch die Höhen H aller aufgenommenen Punkte einzutragen. Das Fernrohr besaß einen Distanzmesser auf Glas mit der Konstante 100. Die Latte wurde senkrecht zur Mittelvisur des Fernrohres gestellt.¹⁾

Das Prinzip, Entfernung und Höhe der aufzunehmenden Punkte an Maßstäben des Instrumentes abzulesen, finden wir ferner bei dem im Jahre 1868 zur Ausführung gebrachten Tachygraphometer von Ing. Karl Wagner und bei dem im Jahre 1873 erstmal bekannt gewordenen Schiehetachymeter von Professor K. Kreuter. Wagner's Instrument wurde im Jahre 1871 bei der Ausführung seitens des Mechanikers O. Fennel in Cassel verbessert und fand dann bei Terrainaufnahmen und Trassestudien in der Türkei, in Deutschland, Österreich, Rußland, Spanien und Frankreich Verwendung. Bei einer noch späteren Ausführung von der

¹⁾ Zeitschrift f. Vermessungswesen 1896, S. 375, mit Beschreibung und Abbildung des Instrumentes; vergl. auch Zeitschrift f. Instrumentenkunde 1897, S. 63.

Die Ablesung \overline{PQ} entspricht der gesuchten Distanz D ; die Ablesung \overline{RS} dem gesuchten Höhenunterschied h .

Prof. Tinter beschrieb seinerzeit auch die Verwendung des Wagner'schen Instrumentes für vertikale Lattenstellung, bemerkte aber, daß diese Verwendung umständlicher sei.¹⁾

Wenngleich die Schiebetachymeter mit schiefer Lattenstellung nach verschiedenen Mitteilungen bei Verwendung gut geschulter Gehilfen und im günstigen Gelände die Aufnahmen verhältnismäßig rasch und genügend genau vollführen lassen, so kann die Bedingung der schiefen Lattenstellung doch nur als ein bemerkenswerter Nachteil empfunden werden.²⁾ Wir finden daher später immer wieder die vertikale Lattenstellung vorgezogen, so z. B. bei dem, nur für Zwecke der Detailaufnahme bestimmten J. Stern'schen Tachymeter, welches erstmals im Jahre 1878 hergestellt und bald darauf bei der Schichtenlegung am Sonnstein behufs Lawinen-Abbauten und bei der Trassierung der Sekundärbahn Linz-Kremsmünster verwendet worden ist.³⁾

Auch die in neuerer Zeit vom Ingenieur Puller erdachten und vom Mechaniker Breithaupt ausgeführten Schiebetachymeter sind für vertikale Lattenstellung eingerichtet. Puller nannte diese Instrumente «Schnellmesser». Ich gebe im folgenden eine Skizze ihrer Einrichtung⁴⁾:

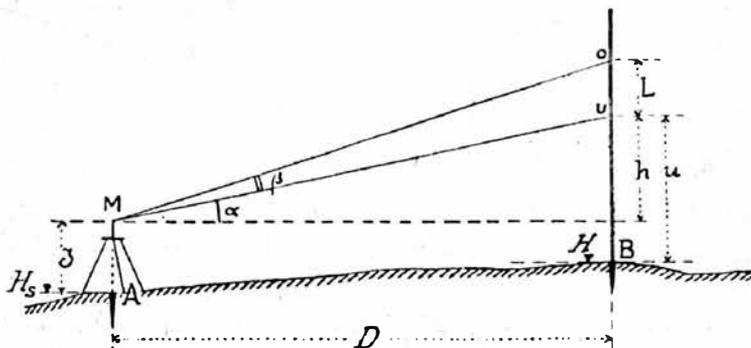


Fig. 11.

In Figur 11 bezeichnet Mu die Visierrichtung über den unteren Distanzfaden, Mo jene über den oberen Faden. Der Winkel β ist der distanzmessende Winkel und L der abzulesende Lattenabschnitt.

Dreieck Mou gibt:

$$L : \overline{Mu} = \sin \beta : \cos (\alpha + \beta)$$

oder mit

$$\overline{Mu} = \frac{D}{\cos \alpha}$$

¹⁾ Zeitschrift d. österr. Ingenieur- u. Architekten-Vereines 1876, S. 146; vergl. auch Wochenschrift desselben Vereines 1876, S. 223.

²⁾ Vergl. u. a. Wochenschrift d. österr. Ingenieur- u. Architekten-Vereines 1876, S. 223 u. Zeitschrift d. österr. Ingenieur- u. Architekten-Vereines 1880, S. 82.

³⁾ F. Klein in Zeitschrift d. österr. Ingenieur- u. Architekten-Vereines 1880, S. 73—82; vergl. auch Wochenschrift desselben Vereines 1879, S. 186.

⁴⁾ Vergl. Puller in Zeitschrift f. Vermessungswesen 1901, S. 531; dann F. W. Breithaupt u. Sohn: Der Puller-Breithaupt'sche Schnellmesser, Kassel 1902; Hammer in Zeitschrift f. Instrumentenkunde 1902, S. 160.

$$D = \frac{L}{\sin \beta} \cdot \cos(\alpha + \beta) \cdot \cos \alpha$$

und

$$h = D \cdot \operatorname{tg} \alpha = \frac{L}{\sin \beta} \cdot \cos(\alpha + \beta) \cdot \sin \alpha$$

Setzt man die Konstante $\frac{1}{\sin \beta} = C$ und ist noch eine Additionskonstante c zu berücksichtigen, so folgt schließlich:

$$\left. \begin{aligned} D &= [CL \cos(\alpha + \beta) + c] \cos \alpha \\ h &= [CL \cos(\alpha + \beta) + c] \sin \alpha \\ H &= (H_s + J - u) + h \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 15)$$

Diese drei Gleichungen sind grundlegend für die Konstruktion der Projektionsvorrichtung, wie sie in Figur 12 skizziert ist.

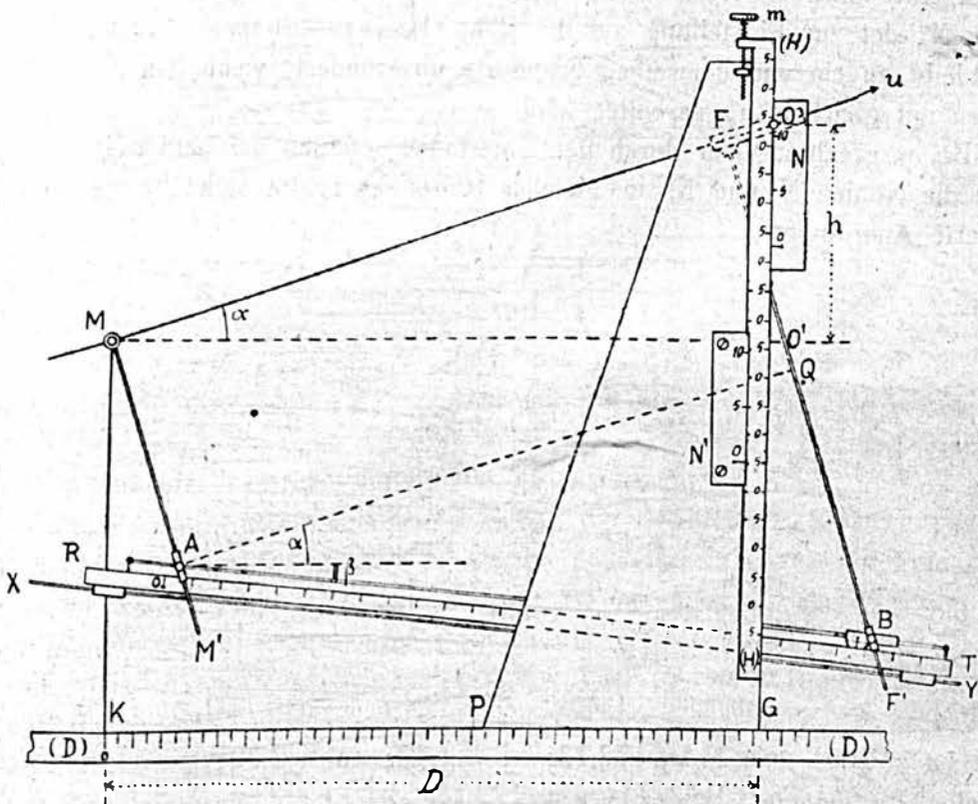


Fig. 12.

Es bezeichnet μ die Visur über den Unterfaden, bzw. eine zu dieser Visur stets parallel gerichtete Schiene, MM' einen mit dem Fernrohr fest verbundenen, auf μ senkrecht stehenden Arm. FF' ist ein auf μ senkrecht stehender, längs dieser Visur verschiebbarer (und mittelst einer Mikrometerschraube fein einstellbarer) Arm. Die Stahlschiene XY , längs welcher das Lineal RT beim Auf- und Niederkippen des Fernrohres verschoben wird, steht mit der Instrumentensäule MK in fester Verbindung und schließt mit der Horizontalen den Winkel β ein. N ist ein drehbarer Nonius, dessen Drehpunkt O von dem Punkte F um die Add.-Konstante c entfernt ist. Das Lineal (DD) befindet sich in fester Verbindung mit der Instrumenten-Säule MK und dient zur Ablesung der Distanz D .

Wird nach Ablesung des Lattenabschnittes L durch Verschieben des Armes FF' (Figur 12) die Strecke

$$\overline{AB} = C \cdot L$$

gemacht, so folgt:

$$\overline{MO} = \overline{AQ} + FO = C \cdot L \cdot \cos(\alpha + \beta) + c$$

daher

$$\overline{KG} = \overline{MO} \times \cos \alpha = D \dots \dots \dots 16)$$

Verschiebt man also den Projektionswinkel GOP längs des Lineals (DD) bis zum Anstoß an die Ablesekante des Nonius N, so entspricht die Lage des Punktes G (vertikal unter der Ablesekante des Nonius N) der gesuchten Distanz D.

Für den Höhenunterschied h ergibt sich:

$$h = OO' = \overline{MO} \cdot \sin \alpha \dots \dots \dots 16^*)$$

Um nun auch die Höhe H des anvisierten Punktes über dem Instrumentenstandpunkte direkt ablesen zu können, besitzt der Projektionswinkel GOP ein mittelst einer Mikrometerschraube (m) fein verstellbares Lineal (HH) nebst einem Nonius N', der zur Einstellung auf die Höhe (H_s + J - u) dient. Letztere Einstellung bleibt an ein und demselben Standorte unverändert, wenn bei allen Detailpunkten mit gleichem u gearbeitet wird.

Bei wagrechter Visur durch den Unterfaden u liegen bei richtigem Instrumente die Nonien N und N' in gleicher Höhe: es ergibt sich die in Figur 13 skizzierte Anordnung.

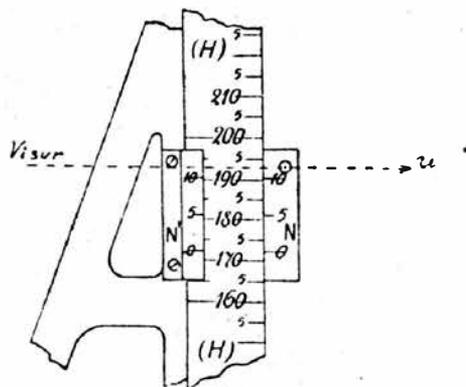


Fig. 13.

Ist z. B. $H_s = 172,72$; $J = 1,40$; $u = 2,00$;
so folgt $H_s + J - u = 172,12$.

Hiernach wird für diesen Instrumentenstandpunkt das Lineal (HH) derart verstellt, daß am Nonius N' die Ablesung 2,12 erhalten wird. Die Zehner und Hunderter der Meereshöhen werden mit Bleistift aufgeschrieben und nach Bedarf bei anderen Standpunkten verändert. Aus Figur 13 ist leicht zu entnehmen, daß auch bei geneigter Visur mittelst des Nonius N unmittelbar die Meereshöhe $H = (H_s + J - u) + h$ abgelesen werden kann. —

Eine zweite, spätere Form (II) des Puller-Breithaupt'schen Schnellmessers zeigt gegenüber der ersten Form (I) eine Vereinfachung der Konstruktion. Statt der früheren Arme MM' und FF' und des Lineals RT ist ein Quadrant unbeweglich angebracht, auf welchem sich ein Diagramm verzeichnet findet.

Dieses Diagramm gibt die graphische Darstellung der in den Gleichungen 15 vorkommenden Werte $CL \cos(\alpha + \beta)$ bei veränderlichem L und α . (Figur 14.)

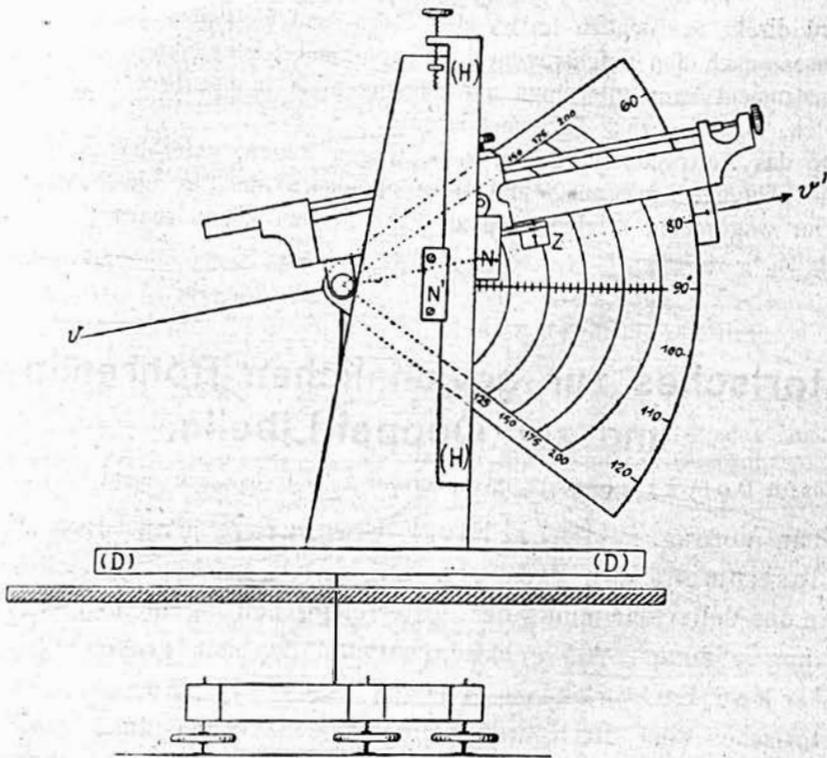


Fig. 14.

Nach Einstellung des Zeigers z entsprechend dem an der Latte abgelesenen Abschnitt L ergeben sich ohne weiteres die Größen D und H auf der wie beim älteren Instrumente eingerichteten Projektionsvorrichtung.¹⁾

Beide Instrumente ermöglichen übrigens die unmittelbare Verzeichnung der Situation aller aufgenommenen Punkte, da auf den Horizontalkreis ein Pauspapier aufgespannt werden kann und das Distanzlineal mit einer Pikiervorrichtung verbunden ist. Sie geben sodann Tachygraphometer.

Mit dem ersten Schnellmesser hat Ing. Puller im Auftrage der königl. Eisenbahn-Direktion St. Johann—Saarbrücken bei den Vorarbeiten der Eisenbahnstrecke Koblenz—Mayen größere Aufnahmen durchgeführt und hiebei zufriedenstellende Ergebnisse erhalten. Bei tachygraphometrischer Aufnahme und guten Geländebeziehungen wurden 50 bis 60 Punkte in der Stunde festgelegt.

Später wurde der Puller'sche Schnellmesser I von E. Schoingt gelegentlich der Ausführung spezieller Vorarbeiten für die Linie Castellaun—Boppard a. Rh. praktisch erprobt. Schoingt teilt mit:

«Was Genauigkeit anbelangt, steht das Instrument hinter keinem anderen Schieb tachymeter zurück, genaue Justierung vorausgesetzt. Es empfiehlt sich, für die Aufnahme zwei Ingenieure, einen zur Bedienung des Instrumentes und einen zum Dirigieren der Lattenträger, sowie drei Arbeiter zu verwenden. Die Ersparnisse an Zeit und Geld für die Tachymeternaufnahme und das nachträgliche Auftragen können auf die Hälfte der Gesamtkosten gegenüber Aufnahmen mit anderen Instrumenten veranschlagt werden. Nach Beendigung der Feldarbeiten liegt die Aufnahme für jeden Standpunkt sozusagen fertig

¹⁾ Puller in Zeitschrift f. Vermessungswesen 1903, S. 649 u. 1904, S. 53.

vor und wird direkt auf den zu fertigenden Lage- und Höheplan durchgestochen, nachdem die Pausen nach den aufgetragenen Polygon- und Richtpunkten zurechtgelegt sind.

Das Instrument kann allerdings nur ausschließlich in der besprochenen Weise verwendet werden, also nur zum Tachymetrieren».

«Sollte das Auftragen im Felde, z. B. wegen Regen, unterbleiben, so werden die Punkte nach Richtung, Entfernung und Höhe abgelesen und in ein Feldbuch niedergeschrieben. Der wagerechte Winkel wird an dem mit dem Alhidadenarm (DI) verbundenen Index ermittelt».¹⁾

(Fortsetzung folgt.)

Historisches zur gewöhnlichen Röhrenlibelle und zur Doppel-Libelle.

Von Eduard Doležal, o. ö. Professor an der k. k. technischen Hochschule in Wien.

In dem Vortrage: «Über Nivellierapparate und das Präzisions-Nivellierinstrument von Prof. Dr. A. Schell», welchen der Schreiber dieses Aufsatzes in der Vollversammlung des «Österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines» am 7. Jänner 1905 gehalten hat und der zum großen Teile der geschichtlichen Entwicklung der Nivellierapparate gewidmet war, wurde Historisches über die Röhrenlibelle, über ihre Anwendung zum Nivellieren sowie über die Doppellibelle gebracht.

Die sehr wertvollen Publikationen der letzten Zeit und zwar die beiden Aufsätze von Prof. C. Müller:

«Zur Geschichte der Röhrenlibelle» in der Zeitschrift für Vermessungswesen 1906,

«Weiteres zur Geschichte der Röhrenlibelle» in der Zeitschrift für Vermessungswesen 1907

und die Notiz von Prof. Dr. W. Láska:

«Zur Geschichte der Nivellierinstrumente mit Libelle» in der Österr. Zeitschrift für Vermessungswesen 1907

befassen sich zum Teile mit der im angeführten Vortrage behandelten Materie. Da die Veröffentlichung des genannten Vortrages, der unter dem Titel: «Die geschichtliche Entwicklung des Nivellierapparates» erscheinen soll, wegen einiger abschließender Studien sich naturgemäß verzögert, so möchte der Autor einige historische Notizen über den erwähnten Gegenstand jetzt schon zur Kenntnis bringen.

1. Zur einfachen Röhrenlibelle. Auf Grund der Forschungen, welche Prof. G. Govi von der Universität Turin in «Bulletino di Bibliografia e di storia delle scienze matematiche e fisiche» von Boncompagni, Rom 1870 und Prof. R. Wolf in der «Vierteljahresschrift der naturforschenden Gesellschaft in Zürich», 1871 in seiner Geschichte der Astronomie veröffentlicht haben, ist die Erfindung der Röhrenlibelle aller Wahrscheinlichkeit nach durch den Franzosen Thévenot im Jahre 1661 gemacht worden. Der Erzeuger mathematischer Instrumente in Paris Chapotot, der mit dieser wichtigen Erfindung in direkte Verbindung gebracht wurde, dürfte wohl kaum mehr als Erfinder der Röhrenlibelle genannt werden.

¹⁾ Zeitschrift f. Vermessungswesen 1903, S. 410, 411.

Gerling (1843), Hartner-Doležal (1850) und Hansen (1867), bzw. Jordan (1877), Herr-Tinter (1887) und Koll (1893) als Hauptförderer in Österreich und Deutschland.

Berichtigungen:

- S. 101, Zeile 21 und 22 von oben ist zu setzen: 5) statt 4), bzw. 4) statt 5).
» 135, » 20 von oben ist zu setzen: «wahrscheinliche» statt «wahrscheinlichste».
» 218, » 18 » » ist einzuschalten: Newcomb (1886) und Lehmann-Filhès (1887).
» 286, » 1 » » ist zu setzen: «aber» statt «demnach».
» 286, » 3 » » » » » «dem geometrischen Mittelpunkt» statt «der Schwerpunktslage».

Über Tachymeter und ihre Geschichte.

Zusammengestellt von Statthalterei-Ingenieur Dr. Hans Löschner.

(Fortsetzung).

Die Schiebetachymeter bilden den Übergang in das Gebiet der Tachygraphometer, der sechsten Gruppe in unserer Tachymeter-Einteilung. Bei vielen Tachygraphometern verzichtet man von vorneherein auf die Möglichkeit der numerischen Bestimmung der tachymetrischen Elemente; man hat es dann lediglich mit einem Meßtisch zu tun, auf welchem sich eine Visiervorrichtung für Distanz- und Höhenmessung befindet.

Der Gedanke, das Vorwärtseinschneiden auf dem Meßtische durch einfaches Rayonieren in Verbindung mit optischer Distanzmessung zu ersetzen, findet sich erstmals in einer Abhandlung des Mechanikers Georg Friedrich Brander in Augsburg über den geometrischen Universal-Meßtisch vom Jahre 1772. Die Kippregel besaß die von Montanari erdachte Einrichtung des Okularfadendistanzmessers, nur in verfeinerter Ausführung: Das Mikrometer war in Form einer Meßleiter auf Glas eingeritzt (Glasskala). Auf diese Glasskalen wird auch hingewiesen in der «Beschreibung des neuen Meßtisches mit Distanzmeßtubus, der A. 1773 gefertigt worden», sowie in der «Beschreibung eines neuerfundnen Distanzmessers aus einer Station, welcher von der königl. dänischen Akademie der Wissenschaften im Jahre 1778 den Preis erhalten».

Brander zeigte auch, wie man mit seinem Universalmeßtisch die Horizontalwinkel, sowie die Höhen der anvisierten Punkte bestimmen könne; er hat ein für die geometrische Planaufnahme in horizontalem und vertikalem Sinne geeignetes Instrument geschaffen und ist somit der Begründer der Meßtisch-Tachymetrie.

Durch die von Optiker Frauenhofer bewirkte Verbesserung der optischen Einrichtung gewann das distanzmessende Fernrohr an Bedeutung. Steppes hat aktenmäßig festgestellt, daß schon im Jahre 1813 zwölf nach den Angaben Georg

von Reichenbach's gefertigte Distanzmesser bei der k. Steuerkataster-Kommission zu München in Gebrauch kamen.¹⁾

Auch gelegentlich der Landesvermessung des Königreiches Württemberg, welche im Mai 1818 angeordnet worden war, wurde der Reichenbach'sche Distanzmesser zur Revision der Detailaufnahme verwendet. Die ersten Instrumente kamen direkt aus der Werkstätte Reichenbach's in München und dienten den Stuttgarter Mechanikern als Muster.²⁾

Im Jahre 1860 ließ Prof. Bauernfeind im Ertel'schen Institute eine Kippregel mit Reichenbach'schem Distanzmesser ausführen; die verwendete Latte war zwecks Stellung senkrecht zur Visur mit einem Diopter ausgestattet, wurde aber freihändig gehalten.³⁾

Später (1868) entstand das Tachygraphometer von C. Wagner. Dasselbe unterscheidet sich von dem früher schon beschriebenen Tachymeter gleichen Namens nur dadurch, daß die Schiebevorrichtung statt auf einem Theodolite auf einem Meßtische aufgebaut ist, auf welchem der Plan unter Verwendung einer Pikiervorrichtung verzeichnet wird.

(Über die durch Wagner's Tachygraphometer repräsentierte Klasse von Instrumenten sagt Tichy in der Wochenschrift des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines 1878, S. 192: Die Einrichtung dieser Instrumente «ermöglicht allerdings die Lösung der Aufgabe ohne Rechnung, Tabellen etc.; sie ist jedoch mit größerem Zeitaufwande für die Feldarbeit verknüpft und das Instrument durch die seitlich angebrachten Lineale und den Projektions-Apparat kompliziert. Diese Instrumente haben daher gegenüber den gewöhnlichen Kreistachymetern wenig Verbreitung gefunden.⁴⁾

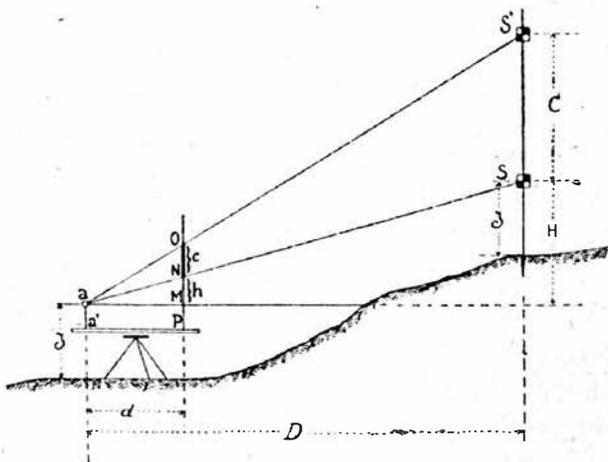


Fig. 15.

Nach dem Jahre 1873 hat sich auch der «Vielmesser» von Ing. R. Jähns (Preuß. Patent April 1873) als «Feldmeßinstrument zu universalem Gebrauche auf

¹⁾ M. Schmidt in Zeitschrift f. Vermessungswesen 1893, S. 272—274.

²⁾ Conr. Kohler, Die Landesvermessung des Königreiches Württemberg, Stuttgart 1858, S. 8, 9, 230, 235 und 245.

³⁾ Vergl. A. Tichy in Zeitschrift d. österr. Ing.- u. Arch.-Vereines 1894, S. 33.

⁴⁾ Vergl. auch Schell's Tachymetrie, Wien 1880, S. 8; Reinhertz in Lueger's Lexikon, Bd. VII, S. 595.

dem Meßtische» in der Praxis Eingang verschafft. Der Konstruktion liegen folgende zwei Gleichungen zugrunde (Fig. 15):

$$C : c = D : d$$

$$H : h = D : d$$

Die Visierlatte hatte zwei verstellbare Signalscheiben, welche in eine bestimmte Entfernung C (z. B. 2·5, 3 oder 5 m) eingestellt wurden, und zwar so, daß die untere Signalscheibe in die Höhe $J =$ Höhe der Drehaxe des Fernrohres über dem Boden zu liegen kam. Durch aufeinanderfolgendes Einstellen des Fernrohres auf die Punkte S und S' gelangten die Richtungen aN und aO durch zwei schmale Glasflächen am Instrumente zur Markierung. Hernach wurde der Schieber c , dessen Länge vom Maßstabe der Zeichnung und von der Größe der Konstanten C abhing und welcher längs des vertikalen Maßstabes MO sich verschieben ließ, soweit als möglich in den durch die beiden Glasflächen gebildeten Keil eingeschoben. Die Distanz d konnte dann am Meßtisch unmittelbar markiert oder an einem Horizontalmaßstab abgelesen werden, während die Höhe h der mit einem Transversalnonius versehenen Höhenskala PO zu entnehmen war. Die Einrichtung des Instrumentes gestattete die Anwendung verschiedener Verjüngungsverhältnisse.¹⁾

Die zunehmende Bedeutung der Meßtisch-Tachymetrie in den siebziger Jahren des vorigen Jahrhunderts erkennt man aus den Ausführungen, welche Professor Dr. W. Tinter in der Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines im Jahre 1875 (S. 196) der Bekanntmachung des neuen G. Starke'schen Perspektiv-Lineals mit drehbarer Libelle voranstellte. Dieses Perspektiv-Lineal wurde «nicht nur zur graphischen Bestimmung der Horizontalwinkel, sondern auch zur Messung der Vertikalwinkel, zum gewöhnlichen Nivellieren und zur Distanzmessung» eingerichtet.

In der zweiten Hälfte der Siebziger-Jahre kam es zur Ausführung der tachymetrischen Kippregel nach Patent Tichy-Starke.²⁾ Dieses Instrument besitzt einen Höhenkreis und ein distanzmessendes Fernrohr mit Okular-Filar-Schraubenmikrometer, so daß verschiedene Methoden der Tachymetrie angewendet werden können. Am geeignetsten erscheint die Tichy'sche Methode: Es werden die Schraubenlesungen S_1 und S_2 an der D- und H-Teilung des Vertikalkreises oder nach Ableseung des Vertikalwinkels aus Tabellen ermittelt, dann eingestellt und zu den Lattenablesungen L_1 und L_2 verwendet, woraus sich dann ergibt:

$$\left. \begin{aligned} D &= 100 L_1 \\ h &= 100 L_2 \quad H = h + J - V \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 17)$$

Die Kippregel gestattet die Eintragung der Distanzen mittelst Pikiervorrichtung.

Die durch einen Meßtisch und ein Perspektivlineal mit Distanzmesser und

¹⁾ Deutsche Bauzeitung 1875, S. 92; vergl. auch Zeitschrift d. österr. Ing.- u. Arch.-Vereines 1876, S. 88; Wochenschrift desselben Vereines 1876, S. 171.

²⁾ A. Schell: Die Terrainaufnahme mit der tachymetrischen Kippregel von Tichy und Starke, Wien 1881; Tichy in Zeitschrift d. österr. Ing.- u. Arch.-Vereines 1893, S. 34.

Höhenkreis gegebene Form des Tachygraphometers hat auch in Amerika Eingang gefunden.

Wir erfahren aus Gurley's Manual of the principal instruments used in american engineering and surveying, 1891 (p. 209): The plane table . . . , which has been so largely employed abroad in topography and map drawing, is now fast coming into use in our own country, especially in colleges and schools where the study of surveying is pursued. To further popularize the plane table we have devised a number of different styles, varying mainly in the Alidades furnished with each and supplying in all the grades an excellent instrument . . . In the Alidade the telescope is precisely the same as that used in our best Transits, being also supplied with level, clamp and tangent, vertical circle on silver reading to single minutes, and micrometer wires for measuring distances.

In neuester Zeit hat der Italiener V. Soldati eine eigenartige Tachymeterkippregel für die Meßtisch-Topographie erdacht.¹⁾ Der Höhenkreis ist bei dieser Kippregel durch einen Berechnungssektor ersetzt, auf welchem — nach Einstellung des Porro'schen Fernrohres auf die vertikal stehende Latte — die Horizontalabstand und der Höhenunterschied zwischen Kippachse und Mittelfaden-Lattenpunkt mit Hilfe zweier Kurvenschaaren ermittelt werden.

Soldati hat mit seinem neuen Tachymetermeßtisch einen Geländestreifen von 10 km Länge und 300 m mittlerer Breite als technische Vorarbeit für den Bau einer Gebirgsbahn und einen Streifen von nahe 3 km Länge und etwa 200 m Breite als solche für einen Kanalbau aufgenommen. —

(Bezüglich des «Universal-Tacheographen» von Viktor von Ziegler und Karl Hager in Luxemburg wird auf die unter den Tangententachymeter gebrachte Bemerkung verwiesen.) —

Es erübrigt noch, die automatische oder selbstrechnende Tachymeterkippregel von Prof. Dr. Hammer und die in dieser Zeitschrift 1907, S. 35, eingehend beschriebene Patentkippregel Láská-Rost anzuführen. Hammer's Kippregel ist nach demselben Prinzip wie der Hammer-Fennel'sche Tachymeter-Theodolit konstruiert. —

Am Schlusse unserer Betrachtungen über jene Tachymeter, bei welchen nur die vertikale Lattenstellung Anwendung findet, sei der Geländemesser des Eisenbahn-Abteilungsingenieurs F. W. Koch in Darmstadt erwähnt, welcher zuerst im Jahre 1895 bekanntgemacht wurde. Es ist dies die Kombination eines Kreistachymeters mit einem Meßtischapparate, wobei durch Verwendung von Aluminium ein übermäßiges Gewicht vermieden wird. Horizontalabstand und Höhenunterschied der beobachteten Punkte werden in der Regel nach Ablesung des Lattenabschnittes und des mit Stirnteilung versehenen Höhenkreises unter Zuhilfenahme eines neuen Zylindertachymeterschiebers am Felde ermittelt und auf dem Meßtische eingetragen werden.

(Fortsetzung folgt.)

¹⁾ Vergl. Hammer in Zeitschrift f. Instrumentenkunde 1902, S. 222.

IX. Mitteilungen des «Nordböhmischen Exkursions-Klub».

«Beobachtung großer Meteore» im Jahrgange 1891.

X. Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines in Wien».

«Über eine Anreihvorrichtung für genaue Messungen mit dem Stahlbande» im Jahrgange 1897.

XI. Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaften mit Einschluß ihrer Anwendungen.

Am Band VI, 2. Teil: Astronomie, ist Hofrat v. Nießl Mitarbeiter und wurde er mit der Bearbeitung des Kapitels: Meteore: «Ihre Bahnen und ihre Beziehungen zu den Kometen» betraut.

*

Anmerkung. Der Schreiber des vorstehenden Aufsatzes sammelt seit Jahren die Daten für die Biographien verdienter österreichischer Geodäten, welche sukzessive zur Veröffentlichung gelangen werden.

Über Tachymeter und ihre Geschichte.

Zusammengestellt von Statthaltereii-Ingenieur Dr. Hans Löschnor.

(Fortsetzung und Schluß.)

Wir wenden uns nun zur zweiten Konstruktionsart von Tachymetern: zu den Tachymetern, welche für horizontale Lattenstellung verwendet werden können.

Schon James Watt hat das Prinzip der Horizontallatte bei seinen Messungen am Ende des achtzehnten Jahrhunderts angewandt.¹⁾ Im allgemeinen fand aber diese Aufnahmemethode wenig Verbreitung, wohl hauptsächlich wegen der Umständlichkeit der Lattenaufstellung,²⁾ wegen der bei stark coupiertem oder dichter bewachsenem Boden eintretenden Einschränkung des von einem Standpunkte aus zu bewältigenden Aufnahmegebietes und wegen der Behinderung des Verkehrs auf Straßen und Wegen.

Ein Instrument für horizontal liegende Latte haben die französischen Offiziere Peaucellier und Wagner angegeben; öfter genannt wird in französischen Werken der «Euthymeter» von Goulier. Das Fadenkreuz dieser Instrumente besitzt außer den zwei horizontalen Distanzfäden noch zwei vertikale Distanzfäden. Die Latte, welche für gewöhnlich wie andere Latten gebraucht wird, kann zum Teil horizontal herausklappt werden.³⁾

Bemerkt wird, daß auch angeregt worden ist, den früher schon genannten Coradi'schen und den Löwe'schen Kontakt-Streckenmesser bei Repetitionstheodoliten für horizontale Latte einzurichten.⁴⁾

¹⁾ Vergl. Löschnor in Österr. Zeitschrift f. Vermessungswesen 1907, S. 14.

²⁾ Vergl. Hammer in Zeitschrift f. Vermessungswesen 1891, S. 196. — Prof. Dr. Schell sagt in der Zeitschrift d. österr. Ingenieur- u. Architekten-Vereines 1880, S. 66: Die horizontale Lattenstellung «weist sich in der Praxis in vielen Fällen als ungeeignet».

³⁾ Hammer in Zeitschrift f. Vermessungswesen 1891, S. 194 u. 196.

⁴⁾ Vergl. Zeitschrift f. Vermessungswesen 1895, S. 564 u. 293.

Im Jahre 1899 veröffentlichte Tichy einen neuen optischen Distanzmesser, welchen er «das vierfache Mikrometer von Tichy und Starke» nannte und welchen wir hier einreihen können, weil mit ihm nicht nur bei vertikaler, sondern auch bei horizontaler Lattenstellung gearbeitet werden kann,¹⁾ Der Name «vierfaches Mikrometer» soll andeuten, daß mit Hilfe dieses Distanzmessers, dessen wesentlichster Bestandteil ein auf mikrophotographischem Wege hergestelltes Glasmikrometer ist, die Messung einer Distanz auf vierfache Art (nämlich nach der logarithmischen und Reichenbach'schen Methode — sowohl bei vertikaler, als auch bei horizontaler Lattenstellung) erfolgen kann.

Die hiebei zur Messung mit horizontal oder vertikal gestellter Latte bestimmte logarithmische Teilung hat den Nullpunkt in Lattenmitte und ist von hier ab beiderseitig nach Maßgabe des halben mikrometrischen Winkels von zwei zu zwei Einheiten (nach Doppelintervallen) der zweiten logarithmischen Dezimalstelle entwickelt. Jede der beiden Teilungen für sich entspricht also der Definition von $C = 200$; beide Teilungen zusammen sind aber im Effekte gleichwertig einer einheitlichen Teilung nach $C = 100$.

Die zwischen den bezifferten Intervallen der Latte (vergl. Fig. 17) verzeichneten vier unbezifferten Marken sind als Doppelintervalle der zweiten logarithmischen Dezimalstelle mit 2, 4, 6, 8 zu zählen.

Für die Einstellung der in horizontaler Lage gebrauchten Latte senkrecht zur Visur ist ein Fehler bis zu $\pm 17'$ zulässig.

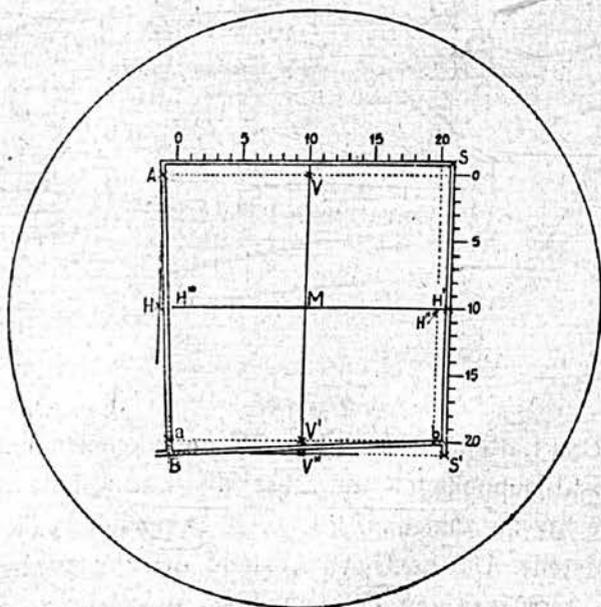


Fig. 16.

Das Glasmikrometer zeigt die in Figur 16 verzeichneten vollen Linien und Zahlen. Wir sehen ein einfaches Fadenkreuz ($HH' - VV'$), dann einen Rahmen aus Doppellinien, der nach den Bedingungen eines mikrometrischen Winkels von $2062,6''$, d. h. für $C = 100$, dimensioniert ist. Es entsprechen hiernach die Ab-

¹⁾ Tichy in Zeitschrift d. österr. Ingenieur- u. Architekten-Vereines 1899, S. 449.

stände $AV = HM = MH' = V''S' = V''M = S'H' = H'S = BH''$ genau der Hälfte des $2062,6''$ betragenden mikrometrischen Winkels. Hingegen entsprechen die Abstände aV' (für horizontale Lattenstellung) und bH'' (für vertikale Lattenstellung) einem Winkel, der um den Winkelwert von zwei logarithmischen Latten teilungs-Intervallen kleiner ist als der halbe mikrometrische Winkel. Die linksseitige Transversale Aa gibt in Verbindung mit der rechtsseitigen Skala $0 - 20$ für horizontale Lattenlage die Möglichkeit, die dritte logarithmische Dezimalstelle direkte und die vierte logarithmische Dezimalstelle durch Schätzung zu ermitteln. Das Gleiche bietet die untere Transversale Bb für vertikale Lattenstellung.

Die einfachen Striche durch H und V'' finden bei der Reichenbach'schen Distanzmeß-Methode Anwendung.

Das Beobachtungsverfahren bei horizontal gestellter Latte und logarithmischer Methode ist kurz das folgende:

Das Fadenkreuz wird auf die in Lattenmitte befindliche Nullmarke scharf eingestellt (Fig. 17) und bei dieser Einstellung der Horizontalwinkel und der Vertikal-

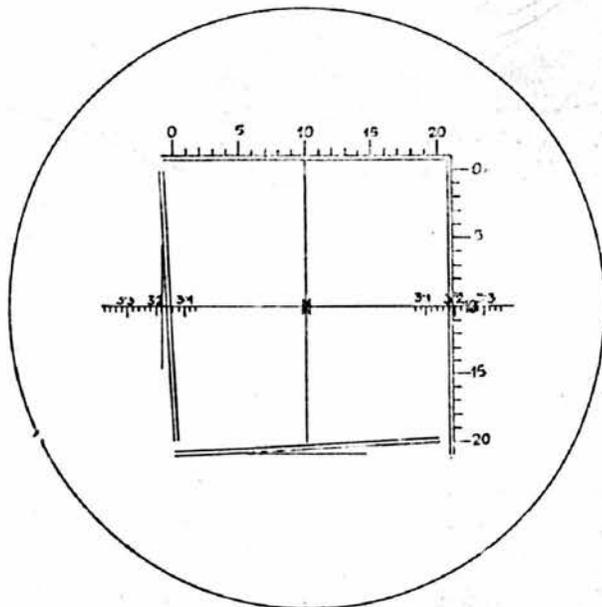


Fig. 17.

winkel abgelesen. Das Lattenbild nach Fig. 17 angenommen, findet sich sodann am rechtsseitigen Vertikal-Doppelfaden zunächst die Lattenstelle $3,1$ überschritten,¹⁾ ferner sind nach rechts zu zählen: 2, 4, 6, 8 Doppelintervalle der zweiten logarithmischen Dezimalstelle. Um noch den Abstand des zuletzt abgelesenen Teilstrichs von der Mitte des rechtsseitigen Doppelfadens zu erhalten, wird unter Verwendung der Feinstellschraube der Alhidade der zuletzt abgelesene Teilstrich ($3,18$)

¹⁾ Man findet auf logarithmischen Latten den Beginn der Teilung entweder mit der Kennziffer 1 oder mit der Kennziffer 3 (entsprechend 1000) bezeichnet, je nachdem ein m oder ein cm als Längeneinheit gewählt erscheint. A. Tichy zieht die Wahl des Zentimeters als Längenmaß-Einheit vor, weil auch alle Resultate (für h), welche unter einem Meter ausfallen, mit positiver Kennziffer zum Ausdruck gelangen. (Tichy in Zeitschrift d. öst. Ingenieur- u. Architekten-Vereines 1892, S. 535.)

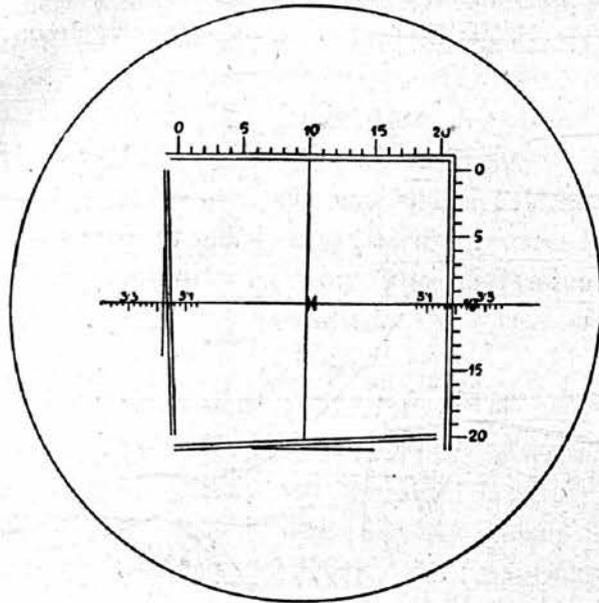


Fig. 18.

inmitten des rechtsseitigen Doppelfadens gebracht (Fig. 18) und hernach unter Verwendung der zur Kippachse des Fernrohres gehörigen Feinstellschraube der linkerhand gelegene gleichnamige Teilstrich (3,18) zwischen den Transversal-

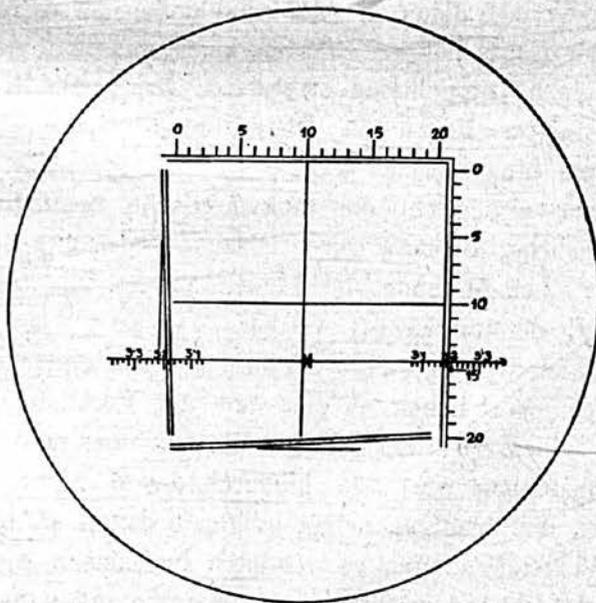


Fig. 19.

Doppelstrich gefaßt (Fig. 19). Hiermit ergibt sich die Ablesung des Logarithmus des hundertfachen Lattenabschnittes; in unserem Beispiele:

$$\log (100 L) = \begin{cases} 3,18 \\ 0,0143 \end{cases}$$

$$\log (100 L) = 3,1943$$

Die Reduktion der Entfernung auf den Horizont erfolgt einfach durch Abzug von Compl. $\log \cos \alpha$. Ist z. B. am Höhenkreis $\alpha = 3,01^\circ$ abgelesen worden, so folgt:

$$\begin{array}{r} 3,1943 \\ - 0,0006 \\ \hline \log D = 3,1937 \quad D = 1562 \text{ cm} = 15,62 \text{ m} \end{array}$$

Der Höhenunterschied h läßt sich aus

$$\log h = \log D + \log \operatorname{tg} \alpha$$

rasch ableiten. Für unser Beispiel gilt:

$$\begin{array}{r} 3,1937 \\ + 8,7208 \\ \hline \log h = 1,9145; \quad h = 82,1 \text{ cm} = 0,82 \text{ m} \end{array}$$

Die Beobachtungen an vertikaler, aus der Mitte nach beiden Seiten symmetrisch von zwei zu zwei Einheiten der zweiten logarithmischen Dezimalstelle geteilten Latte sind analog wie die eben geschilderten Beobachtungen an horizontaler Latte vorzunehmen; die Reduktion der Entfernung auf den Horizont erfolgt jedoch nach Compl. $\log \cos^2 \alpha$. —

In neuester Zeit hat Professor Dr. A. Schell im mathematisch-mechanischen Institut Starke und Kammerer ein Tachymeter ausführen lassen, welches die optische Distanzmessung bei horizontaler Latte ermöglicht.¹⁾ Das Instrument besitzt ein Okular-Filar-Schraubenmikrometer, welches sich von dem am logarithmischen Tachymeter nach Patent Tichy-Starke angebrachten dadurch unterscheidet, daß es um 90° gedreht und daher in zwei verschiedenen Lagen, nämlich in vertikaler und horizontaler Lage benützt werden kann und daß der bewegliche einfache Faden durch einen Doppelfaden ersetzt ist. Bei vertikaler Lage des Okular-Filar-Schraubenmikrometers liegen die Distanzfäden horizontal, bei horizontaler Lage des Mikrometers hingegen vertikal.

Das Mikrometer ermöglicht die tachymetrische Festlegung eines Punktes sowohl durch gewöhnliche, als auch durch Präzisions-Messungen; es können nebst der Reichenbach'schen Methode die logarithmische, die trigonometrische und die Tichy'sche Methode angewendet werden.

Zum Ablesen am Horizontalkreise dienen eine einfache Lupe und zwei Schraubenmikroskope. Wir haben es also mit der Verbindung eines Präzisionsdistanzmessers mit einem Mikroskop-Theodolite zu tun; und dies erscheint mir einer besonderen Beachtung wert, da hiedurch die Möglichkeit geboten ist, die Basismessungen bei den häufigen selbständigen Triangulierungen des Ingenieurs mit dem zu den Winkelmessungen verwendeten Instrumente und auch in schwierigstem Gelände entsprechend rasch und genau (also rationell) vorzunehmen.

Die zur Verwendung kommende neue «Universallatte» hat eine Länge von $2,5 \text{ m}$ und drei Teilungen: 1. eine ein Meter lange logarithmische Teilung I auf einer Hälfte der Latte (für Distanzen bis zu 100 m); 2. eine gleichförmige Dezimeter-Zackenteilung auf der anderen Hälfte der Latte und 3. eine bei horizontal

¹⁾ Doležal «Festlegung eines polygonalen Zuges bei Verwendung neuer Instrumente für optische Distanzmessung» in Zeitschrift d. österr. Ingenieur- u. Architekten-Vereines 1901, S. 785.

gehaltener Latte sich über die beiden vorgenannten Teilungen erstreckende logarithmische Teilung II (für Distanzen zwischen 100 und 250 m).

Zur Einstellung der Latte in die Horizontale dient eine Libelle, zu ihrer Einstellung senkrecht zur Visur ein Fernrohr-Diopter (Vergrößerung = 1).

Ein bemerkenswerter Vorteil der horizontalen Latte gegenüber der vertikalen Latte kommt bei der Präzisionstachymetrie zur Geltung; er besteht darin, daß der Einfluß der Refraktion bei den Ablesungen an verschiedenen Stellen einer horizontalen Latte praktisch gleich groß ist, während er bei den Ablesungen an verschiedenen Stellen einer vertikalen Latte ein sehr ungleiches Maß haben kann.¹⁾

Professor E. Doležal hat mit dem Schell'schen Instrumente eingehende Versuchsmessungen für Polygonaufnahmen nach der logarithmischen und trigonometrischen Methode der Distanz- und Höhenmessung durchgeführt und die vorzüglichen Ergebnisse in der Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines bekanntgegeben. — —

Auf einen Vergleich der Leistungsfähigkeiten der verschiedenen Tachymeterkonstruktionen soll hier nicht eingegangen werden; ich verweise diesbezüglich etwa auf folgende Veröffentlichungen:

Bell in Engineering 1904, p. 528.

Doll in Zeitschrift für Vermessungswesen 1891, S. 410.

Fennel im Zentralblatt der Bauverwaltung 1893, S. 327.

Goldstein in Allgemeine Bauzeitung 1876, S. 58.

Hammer in Zeitschrift für Instrumentenkunde 1895, S. 237.

» » » » » 1897, S. 62.

» » » » Vermessungswesen 1891, S. 195.

Herdmann in Engineering 1905, p. 81.

Jordan in Zeitschrift des hannover. Architekten- und Ingenieur-Vereines 1884, S. 453.

Jordan im Zentralblatt der Bauverwaltung 1893, S. 480.

» im Handbuch der Vermessungskunde, Bd. 2, 1897, S. 644.

Koch in Zeitschrift für Vermessungswesen 1897, S. 40.

Petzold in Zeitschrift für Vermessungswesen 1887, S. 155.

Puller in Zeitschrift für Vermessungswesen 1893, S. 65.

» » » » » 1894, S. 14.

» » » » » 1895, S. 389.

» » » » » 1901, S. 532.

Reinhertz in Lueger's Lexikon, Bd. VII, S. 595 u. 600.

» in Zeitschrift für Vermessungswesen 1901, S. 531.

» in Jordans Handbuch d. Vermessungskunde, Bd. II, 1904, S. 699, 742.

Röthlisberger in Zeitschrift für Vermessungswesen 1906, S. 233.

Schell in seinem Werke «Die Tachymetrie», Wien 1880, S. 8.

Schepp im Zentralblatt der Bauverwaltung 1893, S. 232 u. 387.

» in Zeitschrift für Vermessungswesen 1893, S. 367.

Schoingt in Zeitschrift für Vermessungswesen 1903, S. 410.

Stiehl im Wochenblatt für Baukunde 1885, Nr. 21.

¹⁾ Vergl. A. Tichy in Zeitschrift d. österr. Ingenieur- u. Architekten-Vereines 1899, S. 452 und E. Doležal in derselben Zeitschrift 1901, S. 788. . . .

