

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000305825

X
1828

DER HAMMER-FENNEL'SCHE

TACHYMETER-THEODOLIT

UND DIE TACHYMETERKIPPREGEL

ZUR UNMITTELBAREN LATTENABLESUNG VON HORIZONTAL-
DISTANZ UND HÖHENUNTERSCHIED.

(D. R. PATENT Nr. 122 901)

BESCHREIBUNG UND ANLEITUNG ZUM GEBRAUCH DES INSTRUMENTS.
ERSTE GENAUIGKEITSVERSUCHE.

MIT 16 FIGUREN IM TEXT UND 2 LITHOGRAPHIERTEN TAFELN.

VON

DR. E. HAMMER,

PROFESSOR AN DER K. TECHNISCHEN HOCHSCHULE IN STUTTGART.



STUTTGART 1901.

VERLAG VON KONRAD WITTWER.

1910

F. Nr. 27146

934

DER HAMMER-FENNELSCHE

TACHYMETER-THEODOLIT

UND DIE TACHYMETERKIPPREGEL

ZUR UNMITTELBAREN LATTENABLESUNG VON HORIZONTAL-
DISTANZ UND HÖHENUNTERSCHIED.

(D. R. PATENT N. R. 123100)

Alle Rechte, besonders das Übersetzungsrecht in fremde Sprachen,
vorbehalten.

MIT 16 FIGUREN IM TEXT UND 10 PHOTOGRAPHIRTEN TAFELN.



III 33622



STUTTGART 1901

Druck von Carl Hammer in Stuttgart.

Akc. Nr. 4046/50

V o r w o r t .

Das Instrument, das nach langen Versuchen seit kurzer Zeit im Handel erschienen ist, ist zwar schon in einem in der Bauingenieurzeitung 1901, Nr. 47, noch vor Ausgabe dieses Schriftchens erschienenen Aufsatz vom Verfertiger kurz beschrieben. Gleichwohl glaubte ich mit einer etwas eingehendern Nachricht über das Instrument, der besonders die Ergebnisse der ersten Genauigkeitsversuche beizufügen waren, im Einverständnis mit dem Verfertiger nicht länger zurückhalten zu sollen; selbst auf die Gefahr hin, dass diese oder jene Einzelheit in kurzer Zeit wieder etwas anders angeordnet wird. Grosse Veränderungen stehen jedenfalls dem Instrument sobald nicht mehr bevor. Und das Interesse für die Werkzeuge und Methoden der topographischen Messungen, besonders der topographischen Tachymetrie in der technischen Topographie, ist gerade jetzt wieder so gross (— wenigstens bei den Geodäten und Ingenieuren, die auch das ausserhalb der Höhern Geodäsie einerseits, der Feld- und Katastermessung anderseits Liegende der Beachtung wert finden —) dass ich auf wohlwollende Aufnahme sowohl des neuen Instruments, wie dieses Schriftchens darüber werde zählen dürfen. Die Einleitung bespricht auch einige allgemeinere Fragen der topographischen Tachymetrie. Dabei muss ich freilich bei den folgenden Zeilen da und dort um einige Nachsicht mit der Form bitten, da ich genötigt war, das Manuskript in wenigen Tagen, neben der Berufsarbeit, niederzuschreiben.

Nicht unterlassen möchte ich, auch hier Herrn Adolph Fennel (Firma Otto Fennel Söhne, Fabrik geodätischer Instrumente in Cassel) herzlich zu danken für die grosse und selbstlose Mühe, die er der zeitraubenden Verbesserung unseres Instruments gewidmet hat; ebenso der Verlagsbuchhandlung K. Wittwer für Übernahme des Verlags und für die rasche Herstellung dieses Heftes.

Stuttgart, Mitte Juli 1901.

E. Hammer.

Einleitung.

In den letzten Jahrzehnten sind Bestrebungen aller Art gemacht worden, die Arbeit mit dem Tachymeter-Theodolit bequemer einzurichten oder sie noch ausgiebiger zu machen, als sie gegenüber den Messungsmethoden mit Trennung von Lagemessung und Höhenmessung ohnehin ist.

Bedeutet: l die an der senkrecht stehenden Latte abgelesene Strecke zwischen unterem und oberem Distanzfaden im Gesichtsfeld des „entfernungsmessenden“ Fernrohrs; α den der Mittelvisur entsprechenden Höhenwinkel ($+$ oder $-$, je nachdem die Zielung eine Erhebung über oder eine Senkung unter die Horizontale vorstellt); c und k die Konstanten des Fernrohrs, nämlich c die sog. Additionskonstante (beim Porro'schen Fernrohr = 0), k die Haupt- oder Multiplikationskonstante, bei den meisten Tachymeterfernrohren = 100 oder sehr nahezu 100; e die horizontale Entfernung zwischen der Kippaxe des Instruments und dem Standpunkt der Latte; h den Höhenunterschied zwischen der Kippaxe und dem Punkt der Latte, nach dem der mittlere Horizontalfaden gerichtet ist, so hat man bekanntlich bei der gewöhnlichen Tachymeter-Einrichtung zu rechnen nach den Gleichungen:

$$(1) \quad E = c + kl \quad (\text{Tabelle, wenn } k \text{ nicht genügend genau} = 100 \text{ ist}),$$

$$(2) \quad e = E \cos^2 \alpha \quad \text{und}$$

$$(3) \quad h = e \operatorname{tg} \alpha = E \cdot \frac{1}{2} \sin 2\alpha.$$

Ich lasse hier und in allem Folgenden absichtlich die weiter erforderliche Ablesung, die am Horizontalkreis oder in andern Fällen an der Bussole, durch die die Richtung der Zielung im horizontalen Sinn festgelegt wird, ganz ausser Betracht, weil sie bei allen Tachymeterkonstruktionen wesentlich in derselben Art wiederkehrt.

Bekanntlich sind ferner zur Rechnung nach den Gleichungen (2) und (3) eine grosse Zahl von Instrumenten und Gerätschaften hergestellt worden, die diese Rechnung für „alte“ und für die in der Tachymetrie vielfach bevorzugte „neue“ Kreisteilung möglichst bequem machen sollen, besonders für die „topographische Tachymetrie“ (vgl. u.): Zahlentabellen; besondere Rechenschieber (sog. Tachymeterschieber; von dem immer noch am weitesten verbreiteten Eschmann-Wild'schen Schieber an habe ich etwa 20 gezählt, in Form von geradlinigen

Schiebern, von Rechenscheiben und von Rechenwalzen); graphische oder besser meist graphisch-mechanische Vorrichtungen aller Art sind zu diesem Zweck vorhanden. Man findet Notizen über diese Vorrichtungen in den Lehrbüchern, z. B. Jordan, Handbuch der Vermessungskunde, II. Bd., 5. Aufl., Stuttgart 1897, S. 667—677, übrigens ohne Streben nach Vollständigkeit: bei den graphischen oder graphisch-mechanischen Hilfsmitteln S. 668—674 fehlen die zahlreichen französischen Diagramme, die z. B. Goulier u. A. beschreiben, ferner die in England als „far above any device hitherto adopted“ bezeichnete graphisch-mechanische Vorrichtung von Gillman, vgl. Hammer in Zeitschr. für Verm. 1901, S. 267—269; bei den Tachymeterschiebern fehlt der besondere Hinweis auf die Schieber, die mit Einer Einstellung statt der Wild'schen zwei die Ablesungen für e und für h liefern, wie z. B. der etwas über 50 cm lange Schieber von Miller in Innsbruck, die Erwähnung der Kreis-Rechenschieber oder Rechenscheiben (z. B. von Miller, vgl. Hammer in Zeitschr. für Instrum. XIII, 1893, S. 96—97, von Riebel-Fromme in Wien, vgl. Hammer ebend. Bd. XXI, 1901, S. 183, u. s. w.) und von Schiebern in Walzenform (z. B. von Bauinspektor Koch in Darmstadt, vgl. Hammer in Zeitschr. für Instrum. XVI, 1896, S. 223—224 und dazu die z. T. etwas sonderbare (S. 41/42 a. a. O.) Mitteilung von Koch selbst in Zeitschr. für Verm. 1897, S. 33—42). Die Zahlen tafeln, S. 675, werden fortwährend vermehrt, z. B. ist neben der rasch wachsenden Zahl von Tachymetertafeln mit „neuer“ Teilung als ganz neue Tafel für alte Teilung (nach dem Erscheinen der 5. Auflage des II. Bandes von Jordan herausgekommen) zu nennen die von Jadanza, Turin 1900, vgl. Hammer in Zeitschr. für Instrum. XXI, 1901, S. 159—160; auch diese Tafel hat wieder als Hauptargument der Anordnung den Höhenwinkel, während die wichtigste deutsche Tachymetertafel, die von Jordan, bekanntlich als Hauptargument der Anordnung E hat, so dass sie an Bequemlichkeit der Anordnung andern Tafeln für die topographische Tachymetrie überlegen ist. Leider ist die Jordan'sche Tafel auch in der neuen Auflage (Stuttgart 1899) durch eine Menge von Druckfehlern entstellt und ihr Umfang ist häufig nicht ausreichend (für grössere Höhenwinkel, während man sich für grosse Entfernungen allerdings durch Verdoppeln helfen kann).

Eine weitergehende Besprechung dieser verschiedenen Hilfsmittel muss einer demnächst erscheinenden zusammenfassenden Arbeit des Verfassers über Höhen aufnahmen vorbehalten bleiben.

Es ist im Vorstehenden bereits mehrfach von einer „topographischen Tachymetrie“ als besondrer Art der Schnellmessung die Rede gewesen. Es gibt nämlich, worauf ich seit 10 Jahren fortwährend aufmerksam mache (vgl. zuerst Zeitschr. für Verm. 1891, S. 193—207 und S. 241—251, hier besonders S. 201—202), zwei verschiedene Arten der Schnellmessung, die man als Präcisionstachymetrie und als topographische Tachymetrie unterscheiden kann; ich habe sie, um eine sprachlich bequeme Bezeichnung zu haben, wohl auch im Vortrag und sonst T_1 und T_2 genannt und möchte mir erlauben, diese Bezeichnungen auch hier gelegentlich zu gebrauchen. Die Grenze zwischen beiden ist selbstverständlich nicht scharf, wie schon daraus hervorgeht, dass es sich eigentlich bei jeder Art von Tachymetrie um „topographische“ Messungen handelt; aber immerhin müssen die Bedürfnisse der feinem Messungen dieser Art von den rohem, aber für viele Zwecke genügenden und im ganzen wichtigern tachymetrischen Messungen getrennt werden.

T_1 ist jedenfalls zu wählen, wo man zwar rascher arbeiten will, als es die Trennung der Lage- und Höhenmessung zulässt, aber dabei an Genauigkeit, den Methoden der Theodolit-Latten-Kreuzscheibenmessung und des Nivellierens gegenüber möglichst wenig oder nichts einbüßen will. Wie weit die Genauigkeit der „optischen“ Entfernungsmessung getrieben werden kann, dafür sind genug Beispiele vorhanden; die Versuchsreihen von Wagner, Tichý u. A. lassen erkennen, dass man mit dem gewöhnlichen Fadendistanzmesser, bei der Hauptkonstanten 100, ganz wohl die Genauigkeit $\frac{1}{1000}$ und $\frac{1}{2000}$ erreichen kann, womit die optische Distanzmessung der gewöhnlichen Lattenmessung an Genauigkeit vergleichbar wird. Und damit ist die überhaupt erreichbare Genauigkeit, von feinem Schraubeninstrumenten abgesehen, noch gar nicht erschöpft. Es gibt deshalb Ingenieure genug, die heutzutage der „Tachymetrie“ besonders deshalb das Wort reden, weil sie an Stelle der „ungenauen“ Lattenmessung treten soll; es genügt hier Tichý zu nennen. Eine Reihe feinerer Tachymetereinrichtungen, mehrere logarithmische Tachymeter, der „optische Messkeil“ von Tichý, mehrere weitere „Okularfilarschraubenmikrometer“ und andere Schraubeninstrumente geben sehr hohe Genauigkeiten. Man kann aber auch für die gewöhnlichen Einrichtungen: feste Distanzfäden im Fokus eines gewöhnlichen Fernrohrs und Ablesung des Höhenwinkels, sagen, dass die Tachymetrie T_1 , die Präcisionstachymetrie oder eben genauere Art der Tachymetrie überall dort beginnt, wo die Latte mit Hilfe eines Strebenstabs u. dergl. genau vertikal gestellt, und der Lattenabschnitt l , den vorhandenen Mitteln entsprechend, möglichst scharf, z. B. bei gewöhnlicher cm-Latte durch Schätzung auf 1 mm, bei $\frac{1}{2}$ cm-Latte auf $\frac{1}{2}$ mm abgelesen wird. Dass man ferner die Genauigkeit der „optischen“ Entfernungsmessung auch durch Verringerung des Wertes der Hauptkonstanten (Vergrößerung des Abstands der Fäden im Okular), z. B. auf 50 oder selbst auf 20, für besondere Zwecke (z. B. kurze Strecken unter Tag, Anwendung einer 2 mm-, statt einer 1 cm-, oder einer $\frac{1}{2}$ cm-Skale an der Latte, Ablesung auf 0,2 mm) weit treiben kann, sei (z. B. mit Verweis auf Hammer's Referat über Uhlich's Lehrbuch der Markscheidkunde, Zeitschr. für Instrumentenkunde XXI, 1901, S. 190—192, hier speziell S. 191) hier nur nebenbei erwähnt.

Die Höhenwinkel α werden bei T_1 mit einer Genauigkeit gemessen, die dem jeweiligen Bedürfnis entspricht. Es kommt dabei vor allem auf die verlangte Genauigkeit der Höhenbestimmung an, da, selbst bei nicht sehr kleinen Neigungswinkeln, ein beträchtlicher Fehler in α für die Entfernungsbestimmung ohne Bedeutung ist; der Wert $\cos^2 \alpha$ ändert sich eben wenig für ein nicht sehr kleines $\Delta \alpha$ und dies gilt auch, wenn α selbst nicht klein ist. Dagegen ändert sich $tg \alpha$ rasch und zwar, da

$$d \operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{\cos^2 \alpha} d \alpha$$

und $\frac{1}{\cos^2 \alpha}$ im allgemeinen nicht weit von 1 entfernt ist, für alle vorkommenden Höhenwinkel nahezu proportional $\Delta \alpha$. Sollen bei der Entfernung 200 m und mässigen Höhenwinkeln α die Höhenunterschiede auf 5 cm richtig ausfallen, so muss also α auf

$$\frac{5}{20000} 206\,000'' = 50'' \text{ oder } 1'$$

gut sein; und ähnliche Überlegung ist in jedem einzelnen Falle anzustellen.

Die Tachymetrie T_2 bietet, wenn auch ihre Methoden principiell dieselben sind, doch vielfach grosse Gegensätze zu T_1 dar. Es kommt eben bei dieser „topographischen Tachymetrie“ vor allem auf rasche Arbeit an, auf grossen Bereich, der von einer Aufstellung des Instruments aus beherrscht wird u. s. f., nicht auf Genauigkeit. In der Regel ist die cm-Latte mit Vorteil zu ersetzen durch eine in dm oder $\frac{1}{2}$ dm geteilte Latte („Distanzlatte“ statt der „Nivellierlatte“), so dass man durch Schätzung an der Latte die l nur auf 1 cm oder höchstens $\frac{1}{2}$ cm erhält, nicht wie bei T_1 auf 1 mm oder $\frac{1}{2}$ mm. Man wird also hier E und damit auch die horizontale Entfernung e auf das nächste ganze Meter abrunden; Entfernungsfehler bis zu $\frac{1}{200}$ haben hier wenig zu sagen. Für die Messung der Höhenwinkel gilt, da bei den meist vorhandenen kleinern Höhenwinkeln selbst ein beträchtlicher Entfernungsfehler für die Höhen wenig zu bedeuten hat, immer noch die oben am Schluss der Notiz über T_1 angestellte Überlegung: sollen die Höhen der Punkte bei Entfernungen von 200 m bis auf 1 dm richtig erhalten werden, so sind die Höhenwinkel bis auf $\frac{1}{2000} 3438' = 1$ bis $2'$ richtig zu messen.

In jedem Fall ist zu beachten, dass bei den in der Regel vorkommenden kleinern Höhenwinkeln die Genauigkeit von E und damit von e vor allem von der Genauigkeit in l , wenig von der in α abhängt, während umgekehrt für die Genauigkeit der h im allgemeinen wenig auf die l und fast alles auf die Genauigkeit der α ankommt. Nach dieser Überlegung ist das Messungsverfahren, d. h. die Ablesegenauigkeit in l und in α einzurichten, je nachdem es mehr auf die Entfernungen (vielfach bei T_1), oder mehr auf die Höhen (vielfach bei T_2) ankommt, ist l oder ist α schärfer zu bestimmen.

Die oben aufgezählten Hilfsmittel zur Rechnung der Horizontaldistanz e und des Höhenunterschieds h nach (2) und (3) entwickeln ihren vollen Wert mehr für T_2 als für T_1 . Und so haben auch fast alle andern neueren Tachymeterbestrebungen mehr T_2 als T_1 im Auge. Man sollte dies in der Diskussion über diese Dinge nicht so oft vergessen, als es in den letzten 30 Jahren in Deutschland geschehen ist.

Unter diesen „Tachymeterbestrebungen“ sind auch Einrichtungen zur Erleichterung der Ablesungen zu nennen. An der Lattenablesung ist ausser der Einführung einer Marke als Nullpunkt nicht viel zu machen; die logarithmische Lattenteilung für T_1 ist bereits erwähnt (ich halte sie aber z. B. für T_2 schon für nicht brauchbar). Auf die Schraubentachymeter zur Verfeinerung der Lattenablesung gehe ich übrigens hier überhaupt nicht ein. Dagegen hat man besondere Einrichtungen zur Erleichterung der Höhenwinkelablesung versucht; es seien (wenn wieder von der Verfeinerung der Höhenwinkel- oder Höhenwinkelfunktions-Ablesung durch die Schrauben, seien es Sehnen- oder Tangentenkippschrauben oder „Okularfilarmikrometer“ u. s. w. ganz abgesehen wird) nur erwähnt die Puller-Breithaupt'sche Einrichtung (verschiedene Feinheit der Höhenwinkelablesung durch mehrere Nonien, die je nach Bedarf verwendet werden können, Zeitschr. für Verm. 1895, S. 65—70), der Jordan'sche Tachymeter-Theodolit mit grossem Halbmesser des Höhenkreises oder der Höhensektoren (zur Verringerung des Gewichts statt aus Metall aus Celluloidstreifen auf Holz gemacht, so dass Bedenken über die Beständig-

keit nicht zu unterdrücken sind; vgl. z. B. Jordan, Handbuch II, 5. Aufl., S. 637 ältere Einrichtung, Zeitschr. für Verm. 1899, S. 50—52, und Hilfstafeln zur Tachymetrie, 2. Aufl. 1899, S. IX, neuere Einrichtung), so dass ein Nonius zur Ablesung gar nicht gebraucht wird. Besonders anzuführen sind in dieser Beziehung auch die Instrumente, die die Ablesung von α nach der von l dadurch erleichtern sollen, dass man die Kopfhaltung dazwischen nicht oder wenig zu ändern hat; nachdem l im Gesichtsfeld des Fernrohrs abgelesen ist, muss man bei den gewöhnlichen Tachymetereinrichtungen zur Seite treten, um die Ablesung oder Ablesungen für α und für den Horizontalwinkel zu erhalten. Man hat schon frühe begonnen (Frankreich, England; in Deutschland Ott, Meissner [nach Dörgens] u. s. f.), die Kreisteilung als Stirnteilung auf Cylindern auszuführen, die vom Okular des Fernrohrs aus ohne erhebliche Verschiebung des Auges ablesbar sind.

Wieder andere Bestrebungen gingen und gehen dahin, die Mühe der Rechnung der gewünschten Stücke, Horizontalabstand und Höhenunterschied (bei mehreren neuen „Katasterinstrumenten“ dieser Art wird auch nur die Horizontalabstand bestimmt), aus den Ablesungen einzuschränken oder auch diese Rechnung ganz überflüssig zu machen.

Hierher gehören eine grosse Zahl neuerer Instrumente, die besonders in Frankreich und Italien, als den Ländern, wo von der Tachymetrie und Celerimensura der weitestgehende Gebrauch gemacht wird, erfunden wurden und meist als „Tachéomètre autoréducteur“ und als „Tacheometro autoriduttore“, freilich auch mit allen möglichen andern Kunstwörtern bezeichnet wurden und werden. Es kann nicht meine Absicht sein, hier auf diese Instrumente näher einzugehen, es seien nur wenigstens genannt die zahlreichen französischen Instrumente von Goulier; Peaucellier-Wagner, Sanguet, Schrader (u. a. auf dem internationalen Geographenkongress 1899 in Berlin vorgeführt und in dessen Verhandlungen beschrieben; was sagen deutsche Geographen dazu, für die die „mathematische Geographie“ keine „eigentliche Geographie“ ist?) und von vielen andern; von Ziegler-Hager in Luxemburg (einigermassen bequem nur die Horizontalabstand liefernd; vgl. Hammer in Zeitschr. für Instrumentenkunde XIV, 1894, S. 242—247), Eckhold in England (Abänderungen von Ott in Deutschland, vgl. Hammer in Zeitschr. für Instrumentenkunde XV, 1895, S. 233—238), von Roncagli und Urbani (vgl. dazu Zeitschr. für Instrum. XIII, 1893, S. 381—387; ferner XV, 1895, S. 180—181), von Nassò und vielen Andern in Italien.

Eine besondere Klasse bilden die „Projektionstachymeter“ (zu denen man schliesslich auch Sanguet rechnen kann), die in Deutschland geschichtlich weit zurückgehen und von denen besonders das Instrument von Wagner-Fennel grosse Verbreitung erlangt hat. Der Höhenkreis ist bei Wagner-Fennel, Kreuter u. A. durch einen Projektor ersetzt, bei Wagner ein rechtwinkliges Dreieck, dessen vertikale Kathete die Projektion der an der ersten Instrumentenskale einzustellenden schiefen Entfernung (hier hat man mit der „schiefen Entfernung“ zu thun, da die Latte nicht vertikal, sondern senkrecht zur Visurrichtung zu halten ist) auf die Horizontale besorgt, so dass e an der zweiten Instrumentenskale abgelesen werden kann, während an jener vertikalen Kathete selbst der Höhenunterschied, oder mit Hilfe eines besonders zu beziffernden Bandes sogleich die N. N.-Höhe des Lattenstandpunkts abgelesen werden kann.

Der Wagner'sche Tachygraphometer in der Fennel'schen Ausführung ist ein in allen Teilen gut durchdachtes Instrument, das, wie schon erwähnt, auch grosse Verbreitung erlangt hat; dass man mit seiner Hilfe, wenn es auf den Theodolit-Unterbau gesetzt wird, so viel mehr leisten soll, als mit dem gewöhnlichen Tachymeter-Theodolit, habe ich aber durch eigene Versuche nie bestätigt gefunden. Anders liegt die Sache bei dem Instrument als Messtischaufsatz: als Kippregel hat es grosse Vorzüge, z. B. darin, dass man mit der Horizontalabstand in Zahlen gar nichts zu thun hat, vielmehr den aufgenommenen Punkt in der Horizontalprojektion durch einfachen Druck auf die Federnadel in das Messtischblatt übertragen kann. Als Unbequemlichkeit habe ich stets die schiefe Lattenhaltung empfunden. Der Unterschied in der „Genauigkeit“, der hier der senkrechten Lattenhaltung gegenüber ins Treffen geführt wird, ist solange ganz ohne Bedeutung, als die Höhenwinkel klein sind, wie gewöhnlich; in dieser Beziehung hätte man also bei der langen Diskussion über „Kreistachymeter“ contra „Schiebetachymeter“ bei der Frage: senkrechte oder schiefe Lattenhaltung nicht so lang zu verweilen brauchen. Dass vom Messgehilfen die Lattenhaltung normal zur Visur viel grössere Anstrengung und Aufmerksamkeit verlangt, als die senkrechte Lattenhaltung, wird Niemand leugnen wollen, und obgleich man bei der Tachymetermessung meist nicht viel nach der „Bequemlichkeit der Herren Messgehilfen“ (Wagner) fragen kann, ist doch auch zu bedenken, dass man hier jederzeit und besonders in etwas schwierigem Gelände so sehr vom guten Willen und von der Leistung des Messgehilfen abhängig ist, dass jede Erleichterung beim Lattenhalten und Lattentragen sehr der Arbeit zu gut kommt. Ich denke an dem schon angegebenen Ort auch auf alle diese Verhältnisse weiter einzugehen.

II.

Vorgeschichte des neuen Tachymeters.

Trotz all' der gebotenen Bequemlichkeiten in der Rechnung nach den Formeln (1) bis (3) in I. oder in der Unterdrückung eines Teils dieser Rechnungen sind die Versuche niemals eingestellt worden, zu einem wirklich selbstrechnenden (— „automatischen“, was aber zu viel sagt —), Tachymeter zu kommen, der auf möglichst einfachem Weg die Stücke: Horizontdistanz und Höhenunterschied geben sollte.

Ich habe im Jahre 1893 angefangen, mich ebenfalls mit diesen Versuchen zu beschäftigen. Mein Programm dabei war folgendes:

„Einen Tachymeter-Theodolit herzustellen, mit dem man an der senkrecht stehenden Latte sofort, ohne alle Rechnung oder besondere Einstellungen und ohne Ablesung des Höhenwinkels, durch **einmaliges** Anzielen der Latte, sowohl die Horizontaldistanz zwischen Instrumentenstandpunkt und Latte als auch den Höhenunterschied zwischen Instrumenten- und Lattenstandpunkt ablesen kann, so dass ein in manchen Beziehungen wirklich selbstthätiger Tachymeter-Theodolit entstehen würde.“

„Dabei sollte das Instrument kein Präcisions-Instrument, nicht für die Präcisionstachymetrie bestimmt sein, sondern nur den Anforderungen der topographischen Tachymetrie gerecht werden, nämlich die Entfernungen mit einem Fehler von etwa $\frac{1}{300}$, die Höhenunterschiede mit einem Fehler von wenigen dm bei den üblichen Ziellängen und Höhenunterschieden liefern.“

Diese Sätze sind entnommen aus meiner ersten Veröffentlichung über die Sache: „Entwurf eines Tachymeter-Theodolits zur unmittelbaren Lattenablesung von Horizontaldistanz und Höhenunterschied“, erschienen in der Zeitschr. für Instrum. 1898, S. 241—252 (u. a. den Teilnehmern an der XII. Erdmessungskonferenz in Stuttgart 1898 vorgelegt); obgleich der ganze Entwurf aus dem Anfang des Jahrs 1894 stammt, war erst Anfang 1896 das entsprechende Modell in einer Stuttgarter mathematisch-mechanischen Werkstätte*) so weit fertig, dass Versuchsmessungen

*) Ein eigener Mechaniker fehlt mir an der Technischen Hochschule Stuttgart und die Inanspruchnahme (— auch die kleinste —) der Werkstätte des Physikalischen Instituts der Technischen Hochschule ist der geodätischen Sammlung von unserem jetzigen Physiker, Herrn Prof. Dr. Koch, nicht gestattet worden, während unter seinem Vorgänger, Prof. Dr. v. Zech, die physikalische Werkstätte für Zwecke der geodätischen Sammlung mit in Anspruch genommen werden durfte; seit einiger Zeit ist diese Sache für mich dadurch weniger schlimm geworden, dass mir Herr Oberbaurat Dr. Dietrich die Benützung der Werkstätte des elektrotechnischen Instituts, soweit sie eben möglich ist, gestattet hat.

gemacht werden konnten (Aug. 1896 auf der geodätischen Exkursion der Technischen Hochschule nach Salmbach, vgl. a. a. O. S. 249). Das Modell, besonders das Diagramm im Okular, war nur roh ausgeführt. Die Versuchsmessungen fielen zwar im ganzen nicht unbefriedigend aus (mittlerer Fehler in der Horizontaldistanz sogar nur 0,15%, Höhenfehler z. T. aber ziemlich gross); doch zeigte sich bald, dass auf diesem Weg der mechanischen Hin- und Herschiebung eines auf einem Schlitten sitzenden Diagramms im Okular des Fernrohrs die Sache nicht auf die Dauer befriedigend werde gemacht werden können, wenigstens, was die Höhenbestimmung angeht, weil sich bei dieser Verschiebung so minimale Abweichungen und Abnützungen bereits bemerklich machen, dass die in Betracht kommenden beweglichen Teile des Instruments nicht vor zu grosser und rascher Abnutzung würden geschützt werden können, welche Materialien man auch wählen möchte.

Ich sehe hier von einer Beschreibung dieses ersten Modells ab unter Verweisung auf den genannten Aufsatz und seine Abbildungen (— der Aufsatz erschien auch, von Nassò ins Italienische übertragen, in der *Rivista di Topografia e Catasto*, Bd. XI —). Die Zweifel an der Möglichkeit genügender Erhaltung der Fläche *A* (vgl. Fig. 1—3 a. a. O., 1 und 2 Aufrisse des Oberteils von zwei Seiten, Fig. 3 grössere Zeichnung des automatisch verschobenen Schlittens, der das Diagramm trägt; das Diagramm selbst ist in richtiger Zeichnung in Fig. 7 dargestellt) habe ich sofort in dem citierten Aufsatz von 1898 selbst ausgesprochen. Für die Horizontalentfernungen würde sich, wie schon angedeutet, die Sache schliesslich auch mit einer solchen mechanischen Verschiebung dauernd genügend machen lassen, für die Höhen aber nicht. Dasselbe gilt von andern ähnlichen Einrichtungen, beispielsweise der (neuern) von Roncagli (vgl. „Un nuovo autoriduttore“ in der *Rivista di Topografia e Catasto*, Bd. IX, 1897, also vor meinem mehrfach angeführten Aufsatz von 1898; es handelt sich aber bei diesem Roncagli'schen zweiten Instrument, das meines Wissens nicht ausgeführt ist und dessen ganze Einrichtung übrigens von der meinigen vollständig verschieden ist, nur um die Horizontalabstände, nicht auch um die Höhendifferenzen, ferner geht mein Modell, wie oben angegeben ist, auf 1894 zurück); auch das neue Modell von Marco Nassò: „Un nuovo tacheometro autoriduttore per le distanze e le differenze di livello“, S. A. aus der *Rivista di Topografia e Catasto*, Bd. XI, Turin 1899, meines Wissens ebenfalls nicht ausgeführt, könnte nur für die Entfernungen, nicht aber für die Höhenunterschiede mit genügender Sicherheit dauernd funktionsfähig erhalten werden; dass dieses Nassò'sche Instrument sich in nichts wesentlich von meinem 1898 veröffentlichten Modell unterscheidet, habe ich in dem Referat über die Nassò'sche Broschüre in *Zeitschr. für Instrum.* 1899, Bd. XIX, S. 377 bereits ausgesprochen, das ich auch deshalb anführe, weil ich dort auch schon auf die bevorstehende Lösung meiner Aufgabe auf anderem Wege hinwies. Ich betonte nochmals, dass mit der rein mechanischen Verschiebung eines Diagramms das gesteckte Ziel nicht dauernd befriedigend sich werde erreichen lassen, jedenfalls nicht für die Höhen, wenn vielleicht auch für die Entfernungen, dass vielmehr „optische Verschiebung“ werde mit eintreten müssen; das hat dann verspätet den Weg in die Lehr- und Handbücher gefunden, vgl. z. B. das „Compendium der Geodäsie“ von Adamczik, Leipzig und Wien 1901, S. 493. In meiner Besprechung eines neuen Schraubentachymeters von Dörgens

(vgl. Centralblatt der Bauverwaltung XX, 1900, S. 458) in der Zeitschrift für Instrumentenkunde 1900, XX, S. 335 konnte ich dann die Ausführung des definitiven Instruments in unmittelbare Aussicht stellen. Diese Ausführung ist nun also erst zu Anfang 1901 erfolgt. Die Werkstätte, der ich das Zustandekommen des Instruments danke, ist die vorteilhaft bekannte Fabrik geodätischer Instrumente Otto Fennel Söhne in Cassel; der selbstlosen Ausdauer des Herrn Ad. Fennel, mit dem ich mich 1898*) in Verbindung setzte, ist es im Juni 1900**) nach mehreren Versuchen von seiner und meiner Seite, die ich der Reihe nach alle verwerfen musste, gelungen, für die optische Verschiebung des Diagramms eine Einrichtung herzustellen, durch die ich die Aufgabe für gelöst halte.

Einige Aufsätze (im wesentlichen nur einer) über die ersten Genauigkeitsversuche mit dem neuen Instrument sind Ende 1900 und Anfang 1901 von mir veröffentlicht worden in:

1) Tachymeter-Theodolit zur unmittelbaren Lattenablesung von Horizontal-distanz und Höhenunterschied, in der Zeitschr. für Instrumentenkunde, Bd. XX, 1900, November, S. 328—332.

2) Tachymeter-Theodolit etc. (Titel wie oben) in der Zeitschr. für Vermess. 1901, Heft 6, S. 153—158. Fussnote daselbst, S. 153: „Der untenstehende Aufsatz ist zuerst in der Zeitschr. für Instrumentenkunde 1900, Dezember, erschienen, weil diese Zeitschrift auch meine erste Veröffentlichung über die Sache im Jahr 1898 gebracht hatte.“ [Die Zeitschr. für Vermess. war mir aus Gründen, die ich hier nicht weiter ausführen will, 1898 für Veröffentlichungen überhaupt nicht mehr zugänglich.] „Bei der grossen Bedeutung, die ohne Zweifel einem wirklich automatischen Tachymeter zukommt, glaube ich auch bei den Lesern der Zeitschr. für Vermess. auf Interesse rechnen zu dürfen. Die Ausgabe des definitiven Instruments steht in kurzer Zeit bevor.“

Derselbe Aufsatz, mit unwesentlichen Änderungen, ist endlich aufgenommen worden in:

3) Tachymeter-Theodolit u. s. w. (Titel wie oben), Zeitschrift für Architektur und Ingenieurwesen (Hannöverische Zeitschrift, Heftausgabe) 1901, Heft 2, weil ich auch in einer von Ingenieuren viel gelesenen Zeitschrift auf das Instrument aufmerksam zu machen wünschte.

Die erste öffentliche Anzeige über das jetzige Instrument erliess dann Herr Ad. Fennel im Anzeigenteil der Zeitschr. für Vermess. 1901, Heft 12, Juni; und endlich hat Herr Ad. Fennel mit meinem Einverständnis eine kurze Beschreibung des Instruments gegeben in einem an die „Schriftleitung“ des Centralblatts der Bauverwaltung im Juni 1901 eingesandten Aufsatz, der wohl noch vor dem vorliegenden Schriftchen erscheinen wird:

4) Vorläufige Mitteilung über den Hammer-Fennel'schen Tachymeter-Theodolit.

*) Nicht erst 1899, wie es infolge eines kleinen Versehens in den sogleich anzuführenden Aufsätzen heisst.

**) Nicht Ende 1899; ebenso.

Ich habe nämlich in den eben genannten Aufsätzen 1) bis 3) eine Beschreibung des Instruments noch nicht gegeben, vielmehr nur die allerwesentlichsten Unterschiede gegen früher angeführt, weil das von Herrn Ad. Fennel erworbene D. R.-Patent erst im Juni 1901 erteilt wurde: das Patent Nr. 122 901 ist angemeldet 30. Juni 1900, erteilt 15. Juni 1901.

Die kurze Fennel'sche Beschreibung 4)*) wird im folgenden Abschnitt vervollständigt. Auf die Aufsätze 1) bis 3) ist unten, im Abschnitt VI, bei Gelegenheit der Genauigkeitsangaben zurückzukommen.

*) Nachträgliche Anmerkung (August 1901). Die Notiz von Fennel ist inzwischen erschienen, aber nicht im „Centralblatt der Bauverwaltung“ (S. 9), sondern in der „Bauingenieur-Zeitung“ 1901, Nr. 47, Berlin, 3. August 1901.

III.

Beschreibung des neuen Tachymeters.

Ein für allemal sei hier zur Einleitung vorausgeschickt, dass das neue Instrument für die

topographische Tachymetrie T_2 (und zwar auf freiem Feld)

bestimmt ist und zunächst nicht ein für alle Zweige der Tachymetrie, insbesondere nicht für die Präzisions-Tachymetrie in Betracht kommendes Instrument vorstellen soll. Inwiefern sich die Leistungen des Instruments auch in Beziehung auf die erreichbare Genauigkeit befriedigend zeigen, ist der Abschnitt VI zu vergleichen.

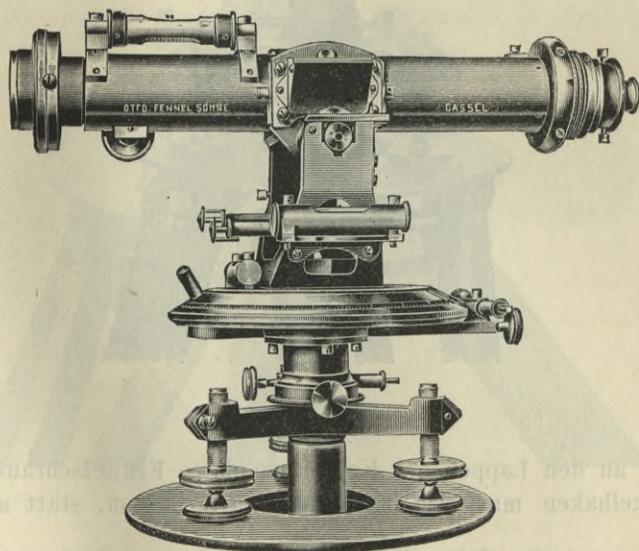


Fig. 1.

Es sei ferner vorausgesandt, dass hier nur die wesentlichen Einrichtungen beschrieben werden, die Fernrohrreinrichtungen, und dass im übrigen das Instrument selbstverständlich nicht genau nach den hier gegebenen Abbildungen eingerichtet sein muss. Insbesondere ist die Ausstattung des Instruments auch mit einem Höhenkreis für bestimmte Zwecke ohne weiteres zu machen; die Zugabe einer Bussole unterliegt keinem Anstand; der Horizontalkreis kann beliebig geteilt und mit beliebigen Ablesevorrichtungen versehen werden (z. B. statt der Nonien mit

einfachen Ablesemikroskopen mit nur einem festen Faden, dessen Stellung gegen die $\frac{1}{6}^{\circ}$ -Striche der Teilung, an der jeder ganze Grad voll beziffert ist, man mit einem Blick auf 1' schätzt; Gebrüder Fennel haben mir im Mai 1901 ein Modell dieser hübschen Einrichtung geschickt und sie ist gewiss für viele Zwecke sehr geeignet); vgl. über diese mehr nebensächlichen Abänderungen oder Zugaben den Abschnitt V.

Manche Kleinigkeiten, die im Vergleich mit den hier gegebenen Figuren am wirklichen Instrument anders angeordnet sind, bedürfen ohnehin nicht der Erwähnung; z. B. sind (Fig. 1) am Stativ statt der unbequemen Schlüssel-Feststellung

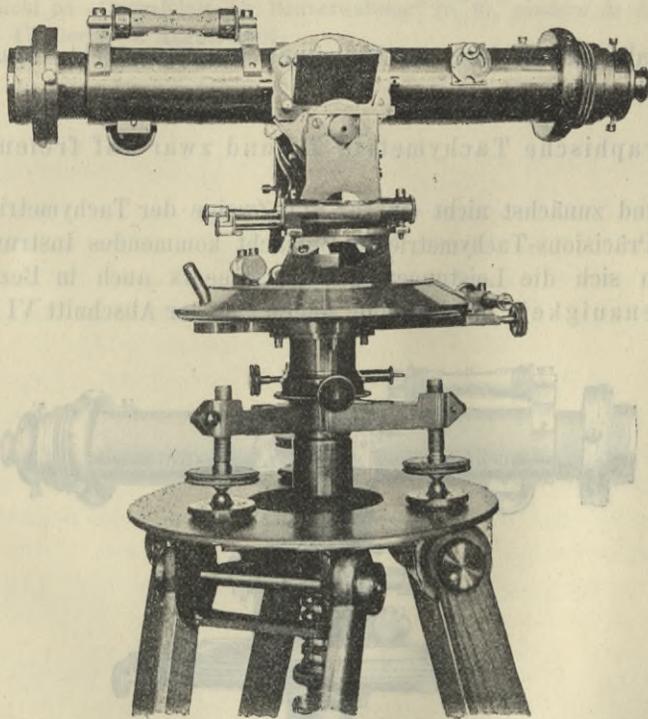


Fig. 1^a.

der Stativbeine an den Lappen der Kopfbronzeplatte Flügelschrauben wünschenswert, der Stengelhaken muss wie immer am Stativ bleiben, statt abgeschraubt zu werden, u. s. f.

Es ist jedoch zu betonen, dass die Ausführung der neuesten Exemplare des Instruments auch mehrere nicht ganz unerhebliche Abweichungen gegen die Figuren 1 und 2 zeigt, die unten noch näher zu erläutern sind (ebenso im Abschnitt IV, Justierung des Instruments); ich gebe aber doch zunächst hier die Abbildungen 1 und 2, weil sich auf diese Anordnung die ersten im Abschnitt VI mitzuteilenden Versuchsmessungen beziehen.

Nun aber zur Hauptsache: Wie die (in Einzelheiten also überholten) Figuren 1 und 2 zeigen, (Figuren 1^a und 2 sind Autotypen nach Photographien, die von Hilfslehrer Prof. Haller an der Technischen Hochschule aufgenommen sind, Fig. 1^b

nach Photographie von Fennel) hat das Instrument die Bauart eines Repetitions-theodolits mit starkem, nicht durchschlagbarem Fernrohr. An Libellen sind auf der Alhidade eine Kreuzlibelle und auf dem Fernrohr eine feste Nivellierlibelle (Empfindlichkeit nur etwa 20") vorhanden.

Ein Höhenkreis wie bei den gewöhnlichen Tachymeter-Theodoliten oder ein Projektor wie bei mehreren der in II. erwähnten Tachymeter-Instrumenten (Wagner-

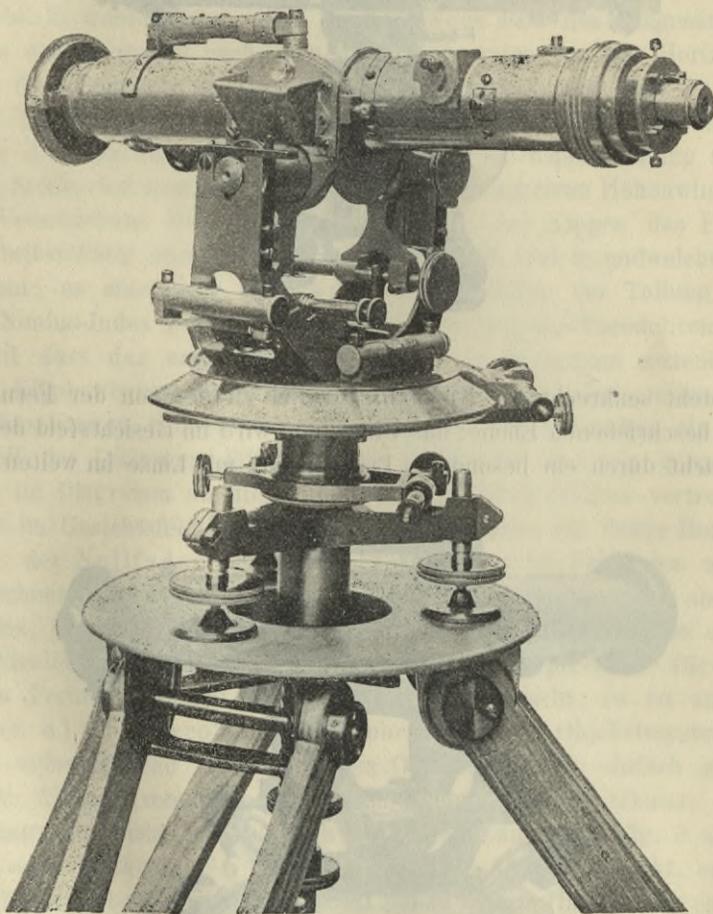


Fig. 1^b.

Fennel; Kreuter in Form eines etwas weniger stabilen Stabsystems u. s. f.) ist nicht vorhanden (vgl. übrigens oben und Abschnitt V).

Die Fig. 2 wird den Figuren 1 beigelegt, weil in diesen die Blende am einen Ende der Kippaxe einen Hauptteil des Instruments verdeckt; freilich ist auch in der Ansicht von links oben, die Fig. 2 bietet, das Diagrammglass zu dunkel ausgefallen, als dass man die Linien des Diagramms erkennen könnte. Fig. 2^a (nach Photographie von Fennel) zeigt die neuere Form des Instruments; das Instrument war aber bei der Photographie nur roh zusammengebaut, z. B. sind in den Libellenfassungen die Gläser noch nicht eingesetzt u. s. w. Vom Diagramm ist auch hier nichts sichtbar.

(Über die Fig. 2^a, unten als Fig. 6 wiederholt, vgl. ausführlicher daselbst.)

Dieses Diagramm ist auf Glas in feinen Linien photographiert nach einer vom Verfasser berechneten Originalzeichnung, vgl. unten und Abschnitt IV. Die Ebene des

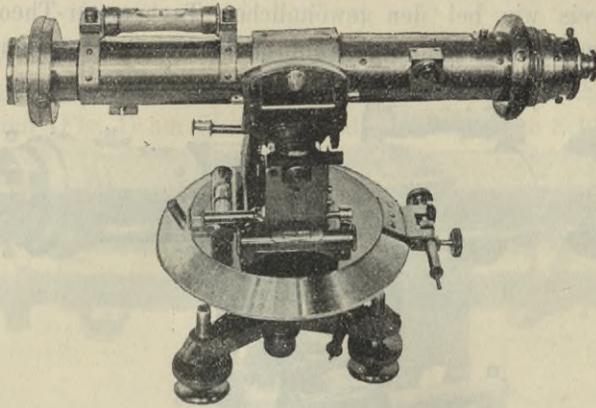


Fig. 2.

Diagramms steht senkrecht zur Kippaxe, parallel zu der von der Fernrohrziellinie beim Kippen beschriebenen Ebene; das Diagramm wird im Gesichtsfeld des Fernrohrs sichtbar gemacht durch ein besonderes Prismenrohr mit Linse im weiten Mantel des Fernrohrs.

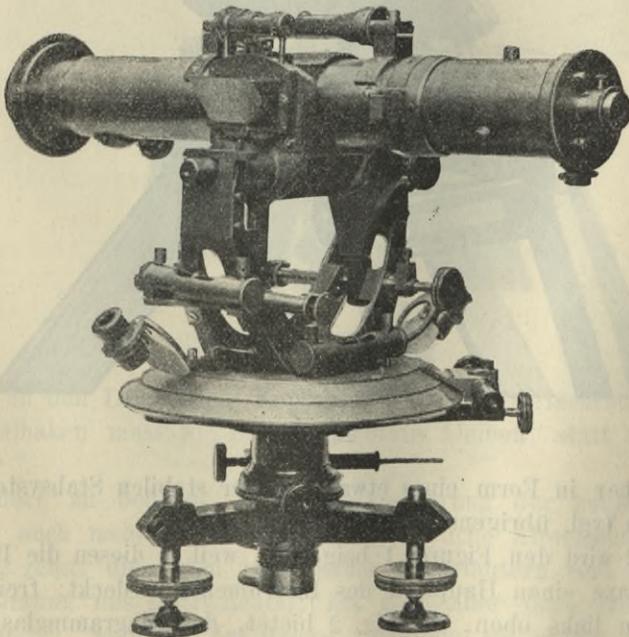


Fig. 2^a.

Die Einrichtungen des Fernrohrs in der ersten Ausführung des Instruments (nach dem endgiltigen Plan) sind genau dargestellt in der am Schluss beigelegten Tafel I. Vgl. zunächst den Schnitt *CD* daselbst; über einige seitdem angebrachte

Änderungen s. den Schluss dieses Abschnitts. Die auf der Tafel I oben gezeichnete Ansicht deutet auch das Diagramm an, an dem die Kippbewegung des Fernrohrs die „Ablesekante“ des Prismas gleichsam vorbeiführt. Dem Diagramm gegenüber steht das eine Prisma, in AB im Vertikalschnitt, in CD im Horizontalschnitt sichtbar; das zweite Prisma, dessen Form der Schnitt CD zeigt, befindet sich links von und unmittelbar hinter dem Fernrohr-Okular. Zwischen beiden Prismen sitzt eine Konvexlinse. In der linken Hälfte des ganzen Gesichtsfelds, das mit dem Okular überblickt werden kann, wird so ein reelles Bild des Diagramms sichtbar; beim Kippen des Fernrohrs nach oben oder nach unten von der Horizontalen aus, scheint sich das Diagramm im Gesichtsfeld nach rechts oder links zu verschieben, so dass der Vertikalfaden, d. h. hier die „Ablese“- (Prismen-)Kante stets an einer neuen Stelle des Diagramms erscheint, je nachdem die Kippbewegung an der einen oder andern Stelle, bei dem und dem positiven oder negativen Höhenwinkel gehemmt wird. Die Verschiebung des Diagrammbilds durch das Kippen des Fernrohrs erfolgt völlig selbstthätig ohne irgendwelchen Handgriff oder irgendwelche Einstellung am Instrument; es entspricht einfach dem Vorbeigleiten der Teilung des Höhenkreises am Nonius-Index bei den gewöhnlichen Tachymeter-Theodoliten mit Höhenkreis. Damit dass das erste, dem festbleibenden Diagramm gegenüberstehende Prisma jede Kippbewegung des Fernrohrs, in dem es fest sitzt, mitmacht, kommt bei jedem bestimmten Höhen- oder Tiefenwinkel des Fernrohrs ein anderer bestimmter Teil des Diagrammplättchens zur Abbildung und ein ganz bestimmter Radialstrich im Diagramm an die, die Stelle des Vertikalfadens vertretende Kante des Prismas im Gesichtsfeld. Im Gesichtsfeld ist ferner ein fester Horizontalfaden ausgespannt, der Nullfaden oder Hauptfaden, der im Folgenden meist einfach mit N bezeichnet sei. Er liegt nicht in der Mitte, sondern im obern Teil des Gesichtsfeldes, die Zielung über diesen Faden N hinweg muss aber bei ein spielender Nivellierlibelle dem Höhenwinkel 0 entsprechen. Die übrige Einrichtung des Fernrohrs kommt vorläufig nicht in Betracht: es ist am definitiven Instrument (s. u.) ein Porro'sches Fernrohr, also mit Objektivsystem aus zwei Linsen (die achromatische Hauptlinse des Objektivsystems einfach gerechnet) in konstantem Abstand von einander, und mit Doppellupe als Okular.

Das Diagramm sieht, schematisch gezeichnet, aus, wie Fig. 3 andeutet: die Grundkurve oder Nullkurve GG ist ein Kreisbogen (M Mittelpunkt, auf dem Diagrammplättchen nicht mehr vorhanden) von genau 30 mm Halbmesser und im ganzen 60° Centriwinkel, wobei M genau in die Kippaxe fallen muss; es sind ferner in dem Diagramm zwei Kurven enthalten, die „Entfernungskurve“ EE , wie GG ganz ausgezogen und ihren Abstand von G , von der Mittellinie MO aus, wo dieser Abstand am grössten ist, nach beiden Seiten hin allmählich, aber sehr langsam verringern; sodann die zweiteilige „Höhenkurve“ HH , deren beide Flügel vom Hauptpunkt O ausgehen und mit $---$ und $+++$ bezeichnet sind. Von diesen Vorzeichen sind im Gesichtsfeld stets mehrere aufeinanderfolgende sichtbar. Wenn der Halbmesser MC_1 in der Prismenkante (Ablesekante) erscheint, so muss die Zielung über N dem Tiefenwinkel 30° entsprechen; wenn MC_2 in der Prismenkante liegt, so muss die Zielung über N den Höhenwinkel 30° haben: die Winkel C_1MO und OMC_2 sind je $= 30^\circ$, s. oben; über diese extremen Werte hinaus ist das Instrument nicht mehr wirksam. Die Höhenlinie HH liesse sich auch weiter

gar nicht ins Gesichtsfeld hereinbringen, weil dieses nicht weiter vergrößert werden kann; wohl aber liesse sich die Entfernungskurve EE noch beliebig weit fortsetzen, doch kommen ja Höhenwinkel (absolut) grösser als 30° so gut wie nie vor. Die

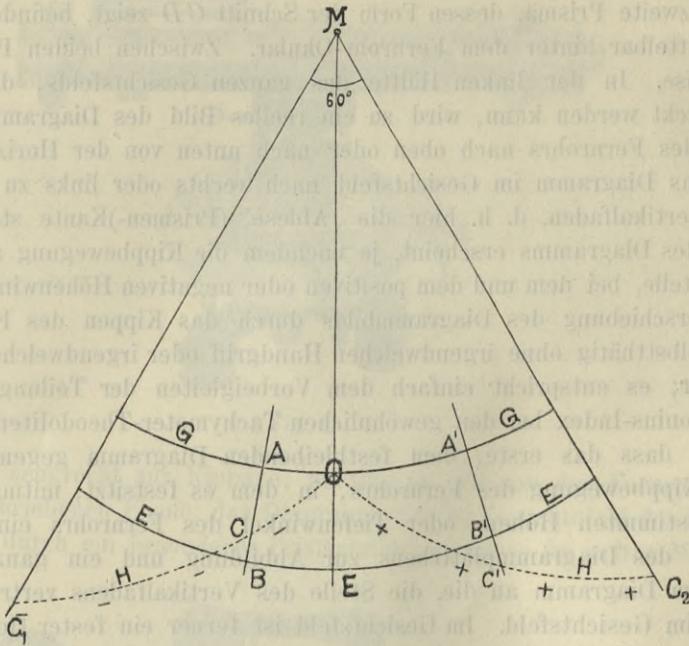


Fig. 3.

Neigung des Fernrohrs von -10° bringt z. B. den Halbmesser ABC des schematischen Diagramms Fig. 3 an die Ablesekante; die Neigung $+17^\circ 30'$ z. B. den Halbmesser $A'B'C'$ u. s. f.

Eine Zeichnung der wirklichen Form der Diagrammkurve, in starker Verkleinerung von der Originalzeichnung photographiert (durch Fennel in Cassel; hier übrigens nur nach einer Pause von der Photographie, nicht nach dieser selbst reproduziert), zeigt Fig. 4.



Fig. 4.

Als Massstab des wirklichen Diagramms ist, wie schon oben bemerkt, der zu denken, der den Halbmesser des Grundkreises G genau zu 30 mm macht. Der Mittelpunkt

dieses Grundkreises ist in Fig. 4 nicht sichtbar, wohl aber über und unter dem Hauptpunkt O (vgl. Fig. 3) zwei Centrirmarken, mit deren Hilfe das Diagramm in richtige Lage gebracht werden kann.

Das Diagramm muss sich (scheinbar) beim Kippen des Fernrohrs so verschieben, dass der Grundkreis G stets den festen Nullfaden (Hauptfaden) N berührt: immer, bei jeder beliebigen Neigung des Fernrohrs muss ein Punkt von G im Schnittpunkt des Fadens N mit der Ablesekante sich befinden. Liegt die Zielung über N horizontal, so muss der Hauptpunkt O des Diagramms (Fig. 3) im Schnittpunkt des Nullfadens N und der Ablesekante erscheinen.

Die Wirkungsweise des Instruments soll nun folgende sein: Der Nullpunkt an der Latte liegt in der gewöhnlichen Höhe der Kippaxe des auf dem Stativ aufgestellten Instruments über dem Boden, 1,40 m. Die Latte sei auf einem beliebigen aufzunehmenden Punkt vertikal aufgestellt; das Fernrohr wird so gekippt, dass der feste Nullfaden *N* in der Nähe des Lattennullpunkts (Marke) erscheint; *N* wird mit der Feinschraube der Höhenbewegung scharf auf den Lattennullpunkt gestellt. Das Bild im Fernrohr sei nun das nebenstehende (Fig. 5), wie es erscheint, wenn die Latte auf einem Punkt

steht, der höher liegt als der Standpunkt des Instruments: linke Hälfte des Gesichtsfelds Teil des Diagrammbildes *D*, rechte Hälfte hart daneben Lattenbild *LL*. Der Nullpunkt der Lattenteilung, die Marke, auf die *N* eingestellt wurde, ist hier in der Figur nicht besonders bezeichnet, wohl aber, wie angedeutet, an der Latte, was die Einstellung erleichtert. An der Ablesekante erscheine nun, vgl. die Figur, am Schnittpunkt der „Entfernungskurve“ *EE* (ganz ausgezogen) mit der Prismenkante als Lattenablesung die Zahl 0,141, am Schnittpunkt der Höhenkurve *HH*

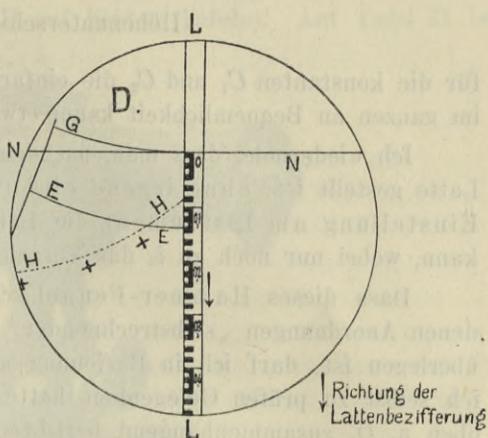


Fig. 5.

(gestrichelt) mit der Prismenkante dagegen zeige die Lattenteilung die Zahl 0,085. Mit dieser Zahl ist zugleich ihr Vorzeichen abzulesen, im hier angenommenen Fall +. Es ist dann:

$$\text{Horizontaldistanz } e = 100 \cdot 0,141 = 14,1 \text{ m,}$$

$$\text{Höhenunterschied } h = + 20 \cdot 0,085 = + 1,70 \text{ m;}$$

dabei bezieht sich *h* auf den Höhenunterschied zwischen dem Punkt, über dem in 1,40 m Höhe die Kippaxe des Instruments liegt, und dem Aufsetzpunkt der Latte.

Ganz ebenso für grössere Entfernungen und Höhenunterschiede; das Vorzeichen des Höhenunterschieds erhält man, wie angedeutet, in dem Zeichen mit, das an dem zur Verwendung kommenden Zweig der Höhenkurve *HH* angeschrieben ist.

Bei horizontaler Zielung über *N* geht die Ablesekante des Prismas durch den Hauptpunkt *O* des Diagramms (s. Fig. 3); die Höhenkurve *H* liefert in diesem Fall also bei beliebiger Entfernung der Latte die Ablesung 0.

Einstellung und Ablesung gehen bequem und rasch von statten; die Rechnung besteht in der Multiplikation des Lattenabschnitts *l*₁ mit 100, des Lattenabschnitts *l*₂ mit 20, kommt also nicht in Betracht. Es ist kein Zweifel, dass das Instrument Zeit und Geld sparen kann; man muss nur die für jeden Zweck richtige Latte nehmen, vgl. Abschnitt V.

Wichtig ist, dass man bei dem Instrument die zwei Lattenabschnitte *l*₁ und *l*₂, die man braucht, zusammen, mit Einem Blick gleichsam, ebenso bequem als beim gewöhnlichen Tachymeter *u* und *o* (Ablesung oder Einstellung am untern Faden

und Ablesung am obern Faden) erhält; und zu beachten ist, dass l_1 und l_2 gleichartige Ablesungen, im Gesichtsfeld des Fernrohrs liegend, sind, dass man also nicht verschiedenartige Ablesungen braucht, wie beim gewöhnlichen Tachymeter: u und o im Gesichtsfeld des Fernrohrs, α aber (direkt oder nach $\alpha - \alpha_0$) am Höhenkreis des Instruments mit Hilfe von Nonius und Lupe (oder beim Jordan-schen Tachymeter wenigstens der Lupe, u. dgl.). Damit ferner, dass in den Gleichungen:

$$\text{Horizontalabstand } e = C_1 \cdot l_1 \quad \text{und}$$

$$\text{Höhenunterschied } h = C_2 \cdot l_2$$

für die konstanten C_1 und C_2 die einfachsten Zahlen gewählt sind, lässt die Arbeit im ganzen an Bequemlichkeit kaum etwas zu wünschen übrig.

Ich wiederhole, dass man, nachdem der feste Faden N auf die Nullmarke der Latte gestellt ist, ohne irgend einen weitem Handgriff oder irgendwelche Einstellung am Instrument die Lattenabschnitte l_1 und l_2 zusammen ablesen kann, wobei nur noch zu l_2 das Vorzeichen mit zu notieren ist.

Dass dieses Hammer-Fennel'sche Instrument den bisher bekannt gewordenen Anordnungen „selbstrechnender“ Tachymeter an Bequemlichkeit der Arbeit überlegen ist, darf ich in Beziehung auf alle die Konstruktionen versichern, die ich selbst zu prüfen Gelegenheit hatte (ich werde über diese Prüfungen an dem oben a. O. zusammenhängend berichten; vgl. auch Zeitschr. für Vermess. 1901, S. 155 und 156).

Das dem Herrn A. Fennel erteilte D. R.-Patent Nr. 122901, Juni 1901, beansprucht: „Distanz- und Höhenmessvorrichtung an tachymetrischen Instrumenten (Theodoliten, Kippregeln u. s. w.), dadurch gekennzeichnet, dass von einem feststehenden Diagramm mittels am Fernrohr sitzender Prismen und eines Linsensystems ein reelles Bild in der Bildebene des Fernrohrs so entworfen wird, dass sich dasselbe beim Kippen des Fernrohrs in horizontaler Richtung verschiebt.“

Über die der vorstehenden Beschreibung gegenüber am Bau der neusten Exemplare des Instruments angebrachten Abänderungen, soweit sie erwähnenswert sind, sei noch folgendes beigefügt.

Zunächst zeigt Fig. 6 (Wiederholung von Fig. 2^a) die Abänderungen in den äussern Formen des jetzigen Instruments (Juli 1901; weitere Abänderungen von Belang sind nicht mehr in Aussicht) gegen die Figuren 1 und 2; vgl. ferner die autographierte Tafel II, aus der die Abweichungen gegen Tafel I ohne weiteres sich ergeben. Die Tafel II ist nach der mir von Fennel's Söhnen überlassenen Konstruktionszeichnung, die unter besondrer Mitwirkung von Herrn Ad. Fennel entstanden ist, entworfen. Fig. 6 ist, wie bereits S. 13 bemerkt, Autotypie nach einer von der genannten Firma mir überlassenen Photographie. Die Abbildung Fig. 6 ist nach dem nur roh aufgebauten, noch nicht fertiggestellten Instrument gegeben, um die Anordnung zu zeigen, vgl. ebenfalls S. 13.

Tafel II und Fig. 6 zeigen, dass die Abänderungen gegen die Figuren 1 und 2 und Tafel I besonders auf die Justierapparate sich beziehen; einzelne sonstige Kleinigkeiten (z. B. Fernrohrtrieb unten, Hereinsetzen der Nivellierlibelle auf dem Fernrohr in die Mitte des Rohrs, u. s. w.) sind kaum der Erwähnung wert. Es sei zu den neuen Anordnungen, die Tafel II zeigt, nur noch folgendes bemerkt:

Die Oberkante des Diagrammplättchens P ist genau rechtwinklig zur Mittellinie des Diagramms geschliffen; sie kann für sich genau horizontalisiert werden durch eine kleine Setzlibelle, die in Tafel I im Aufriss aufgesetzt, auf II aber abgenommen gezeichnet ist (vgl. auch den Schnitt AB auf beiden Tafeln). Auf Tafel II ist

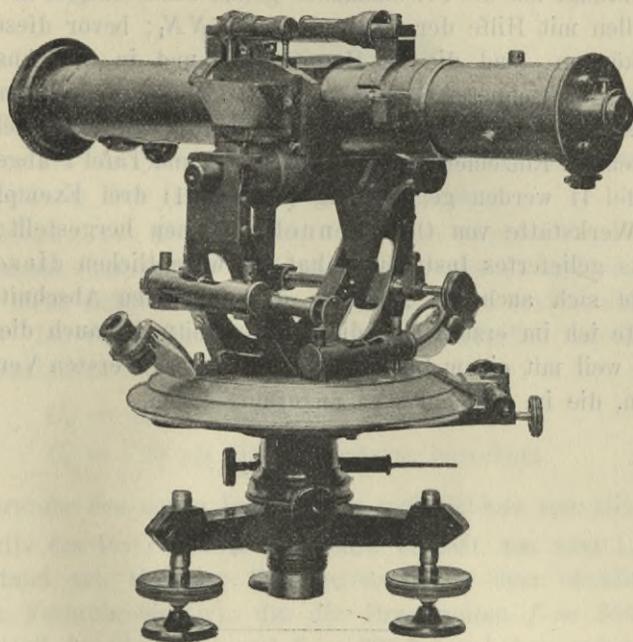
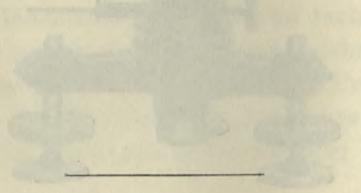


Fig. 6.

ferner im Schnitt AB links oben eine Justierschraube mit zwei Gegenmuttern $M_1 M_2$ sichtbar, durch die die Entfernung des Hauptpunkts des Diagramms von der Kippaxe genau reguliert werden kann. Auch der Beleuchtungsspiegel S für die Diagrammplatte P ist im Schnitt AB Tafel II angegeben (auf Tafel I weg gelassen). Z in derselben Figur ist ein Zapfen, um den man das Diagramm drehen kann mit Hilfe der Schrauben XX_1 (Aufriss). Das erste, dem Diagramm gegenüberstehende Prisma Pr_1 (vgl. Schnitt AB und Schnitt CD) wird so genau und sicher in der richtigen Lage befestigt, dass es keiner Justierapparatur bedarf. Da der eine Punkt der Ziellinie des Fernrohrs (im azimutalen Sinn) die feste Prismenkante bei Pr_2 ist (Schnitt CD), so ist die notwendige Veränderlichkeit des Winkels zwischen Ziellinie des Fernrohrs und Kippaxe an den zweiten Punkt der Ziellinie, den „optischen Mittelpunkt“ der Objektivlinse verlegt; die Richtschrauben sind im Aufriss und im Schnitt CD sichtbar. Die Schnitte EF (unten bei CD), JK und GH (rechts neben dem Aufriss) zeigen weitere Veränderungen gegen Tafel I: EF zeigt die neue Einrichtung, um die das Bild des Diagramms erzeugende

Linse L (vgl. Schnitt CD und Schnitt EF) um die Axe des Fernrohrs (Ziellinie) zu drehen und um sie radial zu verschieben; Klemmschraube und Justierschraube dazu sind in EF angegeben. Eine beträchtliche Abweichung gegen Tafel I zeigt noch das Okularrohr, vgl. den rechten Teil des Aufrisses auf Tafel II. Zunächst ist das ganze vordere Okularstück, bis zu dem zwischen EF und GH sichtbar werdenden Absatz, in der Richtung der optischen Axe des Fernrohrs verschiebbar, nach Lösung der Schrauben bei GH , vgl. den so bezeichneten Schnitt; man kann damit das Diagrammbild scharf in die Bildebene (Ebene des Nullfadens [Horizontalfadens]) und vordere Prismenfläche Pr_2 bringen. Der Schnitt JK endlich zeigt die Einrichtung, um die Prismenkante genau senkrecht, d. h. rechtwinklig zur Kippaxe zu stellen mit Hilfe der Richtschrauben NN_1 ; bevor diese Schrauben benützt werden können, sind die im Hauptaufriss und in der Ansicht gegen JK (über dem ebenso bezeichneten Schnitt stehend) sichtbar werdenden Halteschrauben S_1, S_2, S_3 etwas zu lösen, nachher sind diese Schrauben wieder scharf anzuziehen.

Nach diesem in Einzelheiten gegen Fig. 1, 2 und Tafel I abgeänderten Modell Fig. 6 und Tafel II werden gegenwärtig (Juli 1901) drei Exemplare des Instruments in der Werkstätte von Otto Fennel's Söhnen hergestellt; auch ein nach Russland bereits geliefertes Instrument hat im wesentlichen diese JustierVorrichtungen, auf die sich auch die Angaben des folgenden Abschnitts IV beziehen. Gleichwohl wollte ich im ersten Teil dieses Abschnitts III auch die ältere Einrichtung erwähnen, weil mit einem Instrument dieser Art die ersten Versuchsmessungen gemacht wurden, die im Abschnitt VI anzuführen sind.



IV.

Berechnung des Diagramms. Justierung des Instruments.

Obgleich der Benützer des Instruments mit dem Diagramm nichts zu thun hat, möchte ich doch den Notizen über die Rektifikation des Instruments Einiges über die Herstellung des Diagramms vorausschicken.

A) Herstellung des Diagramms. Ich habe mehrere Diagramme berechnet und auftragen lassen (das vorletzte für die Konstanten $C_1 = 100$, $C_2 = 25$, weil es damals noch nicht sicher war, ob die mögliche Weite des Gesichtsfelds $C_2 = 20$ zulassen würde). Ich beschreibe aber hier selbstverständlich nur das letzte Diagramm für die Konstanten

$$C_1 = 100 \text{ als Entfernungskonstante,}$$

$$C_2 = 20 \text{ als Höhenkonstante berechnet}$$

und für das Fernrohr des neuen Instruments (vgl. Schluss von III) verwendet.

Das Objektiv des Porro'schen Fernrohrs besteht aus zwei Linsen von konstantem Abstand von einander (im Gegensatz zu dem ebenfalls zweiseitigen Huygens'schen Fernrohrobjektiv), die die Brennweiten $f = 350,0$ mm (achromatischer Hauptteil des Objektivs) und $f_1 = 220,0$ mm haben und deren konstanter Abstand, um ein möglichst grosses Bild zu erhalten, möglichst gross gemacht ist, nämlich

$$m = 340,0 \text{ mm;}$$

es ergibt sich also zunächst als Brennweite der dem Objektivsystem äquivalenten Linse:

$$(1) \quad F = \frac{ff_1}{f + f_1 - m} = 334,78 \text{ mm.}$$

Ferner wird die Additionskonstante des Fernrohrs gleich Null mit

$$(2) \quad b = \frac{f(m - f_1)}{f + f_1 - m} = 183 \text{ mm rund.}$$

Da die Einstellung des Fernrohrs auf deutliches Bild bei verschiedener Entfernung der Latte durch Verschiebung des Objektivsystems, nicht des Okulars gemacht werden muss, so kommen verschiedene Werte von b vor, so dass die Additionskonstante c nicht in jedem Fall verschwindet; doch handelt es sich dabei nur um Beträge von ganz wenigen cm, die für alle tachymetrischen Messungen gleichgiltig sind.

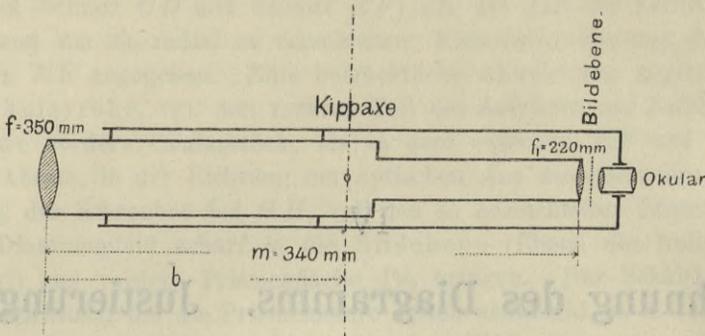


Fig. 7.

Wenn ferner der Abstand der zwei Distanz-„Fäden“ im Diagramm an der Nullstelle dieses Diagramms nicht ganz genau den Wert

$$(3) \quad a = \frac{F}{100} = 3,348 \text{ mm}$$

erhält, wo F nach (1) zu berechnen ist, so hat dies wenig zu sagen, weil man die Bildgrösse des Diagramms etwas verändern kann.

Das Diagramm ist nun selbstverständlich zunächst vergrössert aufzutragen und dann durch photographische Verkleinerung auf das Glasplättchen zu bringen. Bei den ersten von mir berechneten Diagrammen wurde die Vergrösserung 30 gewählt für die Originalzeichnung; doch genügt auch die beim letzten Diagramm gewählte Vergrösserung 20. In jedem Fall geschah das Auftragen auf ein auf grosser Spiegelglasplatte sorgfältig aufgezoogenes Kartonblatt, so dass keine Verzerrungen zu befürchten waren; beim mehrfachen Transport der Glastafel von Kassel nach Stuttgart und zurück im Winter wurden tiefe Temperaturen vermieden.

Alle folgenden Abmessungen sind für das vergrösserte Diagramm, also 20 mal so gross angegeben, als sie auf dem Glasplättchen am Instrument wirklich sind. Die Grundkurve G ist, wie schon angedeutet, ein 60° Centriwinkel umfassender Kreisbogen von 600,0 mm Halbmesser. Er hätte wohl genügend mit gutem Zirkel gezogen werden können; einmal aber, um das Auftragen zu verschärfen, sodann, um sogleich die genaue Einteilung des Bogens von 2° zu 2° des Höhen- und Tiefenwinkels zu erhalten, sind Bogenpunkte im Abstand von 2° Centriwinkel von einander, d. h. also mit Bogenstücken von

$$600 \cdot \frac{2^\circ}{\varrho^\circ} \text{ mm Länge}$$

zwischen sich nach rechtwinkligen Koordinaten mit einem Breithaupt'schen Auftrageapparat für rechtwinklige Koordinaten abgesetzt bis zum Höhen- und Tiefenwinkel von je 30° . In den 2° -Teilpunkten sind die Halbmesser gezogen zum Abtragen der Strecken für die Entfernungs- und für die Höhenkurve, die Endhalbmesser bei $+30^\circ$ und -30° sind auch ausgezogen. Die (direkt gerechneten, nicht der Kreisbogentabelle entnommenen) Koordinaten der 2° -Punkte des Grundkreisbogen G sind (für das 20fache vergrösserte Diagramm, s. oben) hier angegeben:

Tabelle 1.

Centriwinkel (Höhenwinkel)	M i l l i m e t e r					
	<i>x</i>	I. Diff.	II. Diff.	<i>y</i>	I. Diff.	II. Diff.
0°	0,00			0,00		
2°	20,94	+ 20,94			0,37	
4°	41,85	20,91	— 0,03	0,37	1,09	+ 0,72
6°	62,72	20,87	— 0,04	1,46	1,83	+ 0,74
8°	83,50	20,78	— 0,09	3,29	2,55	+ 0,72
10°	104,19	20,69	— 0,09	5,84	3,28	+ 0,73
12°	124,75	20,56	— 0,13	9,12	3,99	+ 0,71
14°	145,15	20,40	— 0,16	13,11	4,71	+ 0,72
16°	165,38	20,23	— 0,17	17,82	5,42	+ 0,71
18°	185,41	20,03	— 0,20	23,24	6,13	+ 0,71
20°	205,21	19,80	— 0,23	29,37	6,81	+ 0,70
22°	224,76	19,55	— 0,25	36,18	7,51	+ 0,70
24°	244,04	19,28	— 0,27	43,69	8,18	+ 0,67
26°	263,02	18,98	— 0,30	51,87	8,85	+ 0,67
28°	281,68	18,66	— 0,32	60,72	9,51	+ 0,66
30°	300,00	18,32	— 0,34	70,23	10,16	+ 0,65
				80,39		

Die ersten und zweiten Differenzenreihen sind beige-
 setzt, um ihren befriedigenden Verlauf zu zeigen; Probe für x_{30} von selbst gegeben, Probe für $y_{30} = R - \frac{R}{2} \sqrt{3} = 600 (1 - 0,866 025) = 80,39$.

In jedem Teilpunkt sind, um Punkte der Kurven *E* und *H* zu erhalten, Strecken radial aufzutragen, die nach folgenden Gleichungen berechnet sind. Im Hauptpunkt des Diagramms (Halbierungspunkt des Kreisbogens *G*) hat die ganze *H*-Kurve eine Spitze (mit verschiedenen Tangentenrichtungen); die Entfernungskurve *E* hat ebendasselbst (d. h. für den Höhenwinkel 0) von der Grundkurve die Entfernung

$$(4) \quad 20a = 66,955 \text{ mm.}$$

Bei den frühern Diagrammen wurde ferner einfach folgendermassen gerechnet: C_1 ist zu 100 anzunehmen, C_2 soll zu 20 angenommen werden (dass es bei einem frühern Diagramm in der That zu 25 statt 20 genommen ist, ist bereits erwähnt, vgl. S. 21, kommt aber für das Folgende weiter nicht mehr in Betracht; für C_2 10 anzunehmen, was noch etwas bequemer wäre als 20, erlaubt das Gesichtsfeld

nicht, man könnte nur zu kleine Höhenunterschiede oder besser nur Höhenunterschiede bei zu kleinen Höhenwinkeln messen, das Instrument würde praktisch nicht überall ausreichen; $C_2 = 50$ wäre aber entschieden zu klein, die Höhen würden nicht genau genug ausfallen, wenn 1 cm Fehler in l_2 bereits h um $1/2$ Meter falsch machen würde. Das frühere $C_2 = 25$ hat im Vergleich mit dem jetzt gewählten $C_2 = 20$ die unbequemere Multiplikation gegen sich).

Für den Höhenwinkel α muss also auf den zwei diesen beiden Höhenwinkeln entsprechenden Halbmessern des Diagramms der radiale Abstand der Entfernungskurve von dem Grundkreis betragen, wenn a' sich auf das vergrößerte Diagramm bezieht, vgl. Gl. (4),

$$(5) \quad a' = 66,955 \cdot \cos^2 \alpha \text{ Millimeter,}$$

wie aus dem Vergleich der Ausdrücke

$$e = k \cdot l \cdot \cos^2 \alpha \quad \text{und} \quad e = C_1 \cdot l_1$$

hervorgeht. Wenn l den Lattenabschnitt an der senkrechten Latte zwischen den Distanzfäden beim gewöhnlichen Tachymeter (Multipl.-Konstante k) vorstellt, dessen Mittelvisur den Höhenwinkel α hat, l_1 aber den Lattenabschnitt beim neuen Tachymeter vorstellt, der zur horizontalen Entfernung führen soll mittels der runden Multiplikationskonstanten $C_1 = 100$, so entsprechen die beiden zuletzt angeschriebenen Ausdrücke der Horizontaltdistanz; ist also a der Abstand der „Fäden“ (radialer Abstand zwischen der Entfernungskurve und dem Grundkreis) für den Höhenwinkel 0 , so ist diese radiale Entfernung a' für den Höhenwinkel α gegeben durch

$$a' = a \cdot \cos^2 \alpha.$$

Den entsprechenden radialen Abstand der Höhenkurve erhält man aus der Gleichsetzung der Ausdrücke:

$$h = kl \cdot \frac{1}{2} \sin 2\alpha = e \cdot \operatorname{tg} \alpha = 100 l_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad \text{und} \\ h = C_2 \cdot l_2,$$

die beim gewöhnlichen (alten) und beim neuen Tachymeter den Höhenunterschied liefern sollen, wobei in der letzten Gleichung l_2 das an der senkrechten Latte für die Höhe abgelesene Stück ist und nach dem Obigen $C_2 = 20$ genommen werden soll. Bedeutet also, an der dem Höhenwinkel α entsprechenden Stelle (Halbmesser) des Diagramms, h' den radialen Abstand vom Grundkreis G bis zur Höhenkurve H , so muss sein

$$20 \cdot l_2 = 100 \cdot l_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha;$$

ferner ist

$$\frac{h'}{a'} = \frac{l_2}{l_1},$$

folglich ist h' zu bestimmen aus

$$(6) \quad h' = 5 a' \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (\text{oder auch} = \frac{5}{2} \cdot 66,955 \cdot \sin 2\alpha).$$

Diese Rechnungsweise, nach den Gleichungen (5) und (6), ergibt die in folgender Tabelle zusammengestellten Werte von a' und h' :

Tabelle 2.

Diagramm 20 fach vergrößert
 α' und h' in Millimetern.

α	α'	h'
— 30°	50,25	145,09
— 28°	52,23	138,88
— 26°	54,12	131,98
— 24°	55,90	124,44
— 22°	57,58	116,32
— 20°	59,14	107,63
— 18°	60,57	98,40
— 16°	61,88	88,72
— 14°	63,05	78,60
— 12°	64,06	68,08
— 10°	64,94	57,25
— 8°	65,66	46,14
— 6°	66,22	34,80
— 4°	66,63	23,30
— 2°	66,88	11,68
± 0°	66,95 ₅	0,00
+ 2°	66,88	11,68
+ 4°	66,63	23,30
+ 6°	66,22	34,80
+ 8°	65,66	46,14
+ 10°	64,94	57,25
+ 12°	64,06	68,08
+ 14°	63,05	78,60
+ 16°	61,88	88,72
+ 18°	60,57	98,40
+ 20°	59,14	107,63
+ 22°	57,58	116,32
+ 24°	55,90	124,44
+ 26°	54,12	131,98
+ 28°	52,23	138,88
+ 30°	50,25	145,09

Damit wären also die Kurven E und H in aller Schärfe aufzutragen.

Diese völlig symmetrische Form der einfach nach (5) und (6) berechneten Kurven erleidet aber noch eine kleine Modifikation durch die Überlegung, dass die Ziellinie nicht in der Mittellinie (optischen Axe) des Fernrohrs liegt. Es ist schon oben angegeben, dass der Nullfaden N über die Mitte hinaufgerückt werden muss, um die ganze Ausdehnung des Gesichtsfelds ausnützen zu können. Das Diagramm ist so zu entwerfen, dass sich die Höhenwinkel α auf diesen Faden N beziehen.

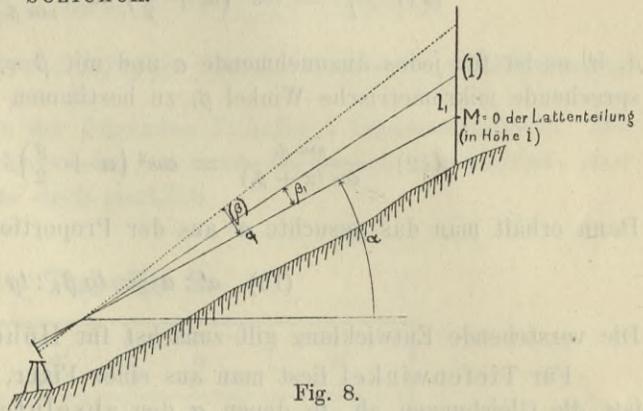


Fig. 8.

Um also zunächst das verbesserte α' zu finden, sei nach Fig. 8 α der Höhenwinkel der Visur über den Faden N hinweg nach der Marke M der Latte (M auf der Latte in Instrumentenhöhe 1,40 m), l der Lattenabschnitt, den man an einem Horizontalfaden des gewöhnlichen Tachymeters erhalten würde, der von N den Abstand $a = \frac{F}{100} = 3,348$ mm hätte, so dass, wenn noch $\beta = \frac{1}{100} \varrho = 0^\circ 34' 22,65''$ den für diesen Fall konstant zu denkenden Mikrometerwinkel (den diastimometrischen Winkel) vorstellt, der dem Lattenabschnitt l entsprechen würde,

$$(7) \quad e = kl \cos^2 \left(\alpha + \frac{\beta}{2} \right) = 100 l \cos^2 \left(\alpha + \frac{\beta}{2} \right)$$

wäre. Endlich sei, wie oben, l_1 der Lattenabschnitt, der nun thatsächlich an der Latte abgelesen wird, um aus ihm nach

$$(8) \quad e = C_1 \cdot l_1 = 100 l_1$$

die Horizontaldistanz e zu finden und β_1 der diesem Abschnitt l_1 entsprechende mikrometrische Winkel (mit α veränderlich); die Gleichsetzung der Ausdrücke (7) und (8) giebt

$$(9) \quad l_1 = l \cdot \cos^2 \left(\alpha + \frac{\beta}{2} \right) \quad \text{oder} \quad \frac{l_1}{l} = \cos^2 \left(\alpha + \frac{\beta}{2} \right).$$

Bezeichnet einen Augenblick q die schiefe Entfernung von der Kippaxe bis zur Lattenmarke M , so ist aber

$$(10) \quad l = q \cdot \frac{\sin \beta}{\cos (\alpha + \beta)} \quad \text{und} \quad l_1 = q \cdot \frac{\sin \beta_1}{\cos (\alpha + \beta_1)}$$

und also durch Vergleichung von (10) und (9)

$$(11) \quad \frac{l_1}{l} = \cos^2 \left(\alpha + \frac{\beta}{2} \right) = \frac{\sin \beta_1}{\sin \beta} \cdot \frac{\cos (\alpha + \beta)}{\cos (\alpha + \beta_1)},$$

d. h. es ist für jedes anzunehmende α und mit $\beta = 0^\circ 34' 22,65''$ der dem α entsprechende mikrometrische Winkel β_1 zu bestimmen aus der Gleichung:

$$(12) \quad \frac{\sin \beta_1}{\cos (\alpha + \beta_1)} = \cos^2 \left(\alpha + \frac{\beta}{2} \right) \cdot \frac{\sin \beta}{\cos (\alpha + \beta)}.$$

Dann erhält man das gesuchte α' aus der Proportion:

$$(13) \quad \alpha' : \alpha = \operatorname{tg} \beta_1 : \operatorname{tg} \beta.$$

Die vorstehende Entwicklung gilt zunächst für Höhenwinkel α .

Für Tiefenwinkel liest man aus einer Figur, die Fig. 8 analog zu zeichnen ist, die Gleichungen ab, in denen α den absoluten Wert des Tiefenwinkels bezeichnet:

$$(7') \quad \text{und} \quad (8') \quad e = k \cdot l \cos^2 \left(\alpha - \frac{\beta}{2} \right) = k l_1 \quad \text{oder}$$

$$(9') \quad l_1 = l \cos^2 \left(\alpha - \frac{\beta}{2} \right) \quad \text{oder} \quad \frac{l_1}{l} = \cos^2 \left(\alpha - \frac{\beta}{2} \right).$$

Da hier ferner

$$(10') \quad l = q \cdot \frac{\sin \beta}{\cos (\alpha - \beta)} \quad \text{und} \quad l_1 = q \cdot \frac{\sin \beta_1}{\cos (\alpha - \beta_1)}$$

ist, so wird

$$(11') \quad \frac{l_1}{l} = \cos^2 \left(\alpha - \frac{\beta}{2} \right) = \frac{\sin \beta_1}{\sin \beta} \cdot \frac{\cos (\alpha - \beta)}{\cos (\alpha - \beta_1)}$$

oder es ist endlich β_1 zu bestimmen aus der Gleichung:

$$(12') \quad \frac{\sin \beta_1}{\cos (\alpha - \beta_1)} = \cos^2 \left(\alpha - \frac{\beta}{2} \right) \cdot \frac{\sin \beta}{\cos (\alpha - \beta)}.$$

Die Gleichung (13) bleibt bestehen. In den mit Accent versehenen Gleichungen (7') bis (12') bedeutet α den absoluten Wert des Tiefenwinkels.

Die Gleichungen (12) und (12') löst man am besten durch Näherung (einfache Anwendung der regula falsi) auf.

Für Winkelwerte α von 6° zu 6° erhält man mit $\beta = 0^\circ 34',37747$ folgende Werte von β_1 (bei 6 stelliger Rechnung):

α Höhenwinkel		α Tiefenwinkel	
6°	$\beta_1 = 0^{\circ} 33' 57,9''$	$(-)$ 6°	$\beta_1 = 0^{\circ} 34' 2,1''$
12°	$\beta_1 = 0^{\circ} 32' 49,5''$	$(-)$ 12°	$\beta_1 = 0^{\circ} 32' 57,5''$
18°	$\beta_1 = 0^{\circ} 31' 0,2''$	$(-)$ 18°	$\beta_1 = 0^{\circ} 31' 11,1''$
24°	$\beta_1 = 0^{\circ} 28' 35,0''$	$(-)$ 24°	$\beta_1 = 0^{\circ} 28' 47,7''$
30°	$\beta_1 = 0^{\circ} 25' 40,3''$	$(-)$ 30°	$\beta_1 = 0^{\circ} 25' 53,7''$

und hieraus die gesuchte Strecke a' nach den Gleichungen:

oder
$$a' = a \cdot \frac{\operatorname{tg} \beta_1}{\operatorname{tg} \beta}, \quad \log a' = \log \left(\frac{a}{\operatorname{tg} \beta} \right) + \log \operatorname{tg} \beta_1$$

(14') $\log a' = 3.82577 + \log \operatorname{tg} \beta_1$ (20fach vergrößert in Millimetern).

Die Zahlenwerte von a' sind in der folgenden Tabelle 3 zusammengestellt. Die Asymmetrie der Entfernungskurve im Diagramm ist danach unbedeutend, aber für feine Ablesung an der Latte doch merklich.

Tabelle 3.

α	a'	α	a'
0°	66,95 ₅	0°	66,95 ₅
$+ 6^{\circ}$	66,15	$- 6^{\circ}$	66,29
$+ 12^{\circ}$	63,93	$- 12^{\circ}$	64,19
$+ 18^{\circ}$	60,39	$- 18^{\circ}$	60,75
$+ 24^{\circ}$	55,67	$- 24^{\circ}$	56,08
$+ 30^{\circ}$	50,00	$- 30^{\circ}$	50,43

Zusammen mit den Zahlen der Tabelle 2 genügen die wenigen Zahlen dieser Tabelle 3, um die E -Kurve auftragen zu können (s. unten).

Ähnlich nun auch für die Höhenkurve H .

Setzen wir zunächst α positiv voraus, so soll sein, wenn l_2 den der Höhenkurve H entsprechenden Lattenabschnitt von der Nullmarke an bedeutet:

$$(15) \quad \left\{ \begin{array}{l} C_2 \cdot l_2 = 100 l_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad \text{oder} \\ l_2 = \frac{100}{C_2} l_1 \operatorname{tg} \alpha \end{array} \right.$$

oder mit Einsetzung von l_1 aus Gleichung (10) und mit $C_2 = 20$:

$$(16) \quad l_2 = 5 \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot q \cdot \frac{\sin \beta_1}{\cos (\alpha + \beta_1)}.$$

Nun ist aber, wenn γ den Winkel bedeutet, der dem Lattenabschnitt l_2 entspricht, nach beistehender Fig. 9:

$$(17) \quad l_2 = q \cdot \frac{\sin \gamma}{\cos (\alpha + \gamma)},$$

also durch Vergleichung der Ausdrücke (16) und (17) γ zu bestimmen aus

$$(18) \quad \frac{\sin \gamma}{\cos (\alpha + \gamma)} = 5 \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \frac{\sin \beta_1}{\cos (\alpha + \beta_1)},$$

womit man dann auch die radiale Ordinate h' des Diagramms erhält nach:

$$(19) \quad h' = a' \cdot \frac{\operatorname{tg} \gamma}{\operatorname{tg} \beta_1}.$$

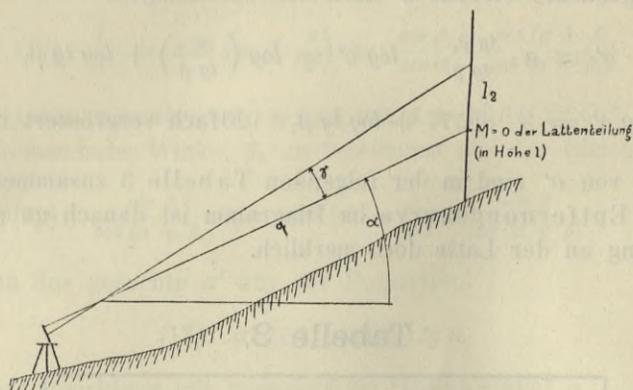


Fig. 9.

Für Tiefenwinkel findet man, ganz ebenso wie vorstehend, wenn α hier wieder der absolute Wert des Tiefenwinkels ist, für γ die Gleichung:

$$(18') \quad \frac{\sin \gamma}{\cos (\alpha - \gamma)} = 5 \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \frac{\sin \beta_1}{\cos (\alpha - \beta_1)}.$$

Die Werte von β_1 für Gleichung (18) und (18') sind nach der letzten Tabelle überall bekannt; die Gleichungen (18) und (18') löst man wieder am besten durch Näherung (regula falsi) auf. Man erhält für die Winkel von 6° zu 6° , für die oben auch β_1 berechnet worden ist, folgende Zusammenstellung der Winkel γ :

α Höhenwinkel		α Tiefenwinkel	
6°	$\gamma = 0^\circ 17' 51,5''$	(-) 6°	$\gamma = 0^\circ 17' 52,7''$
12°	$\gamma = 0^\circ 34' 52,8''$	(-) 12°	$\gamma = 0^\circ 35' 2,0''$
18°	$\gamma = 0^\circ 50' 16,4''$	(-) 18°	$\gamma = 0^\circ 50' 45,3''$
24°	$\gamma = 1^\circ 3' 20,3''$	(-) 24°	$\gamma = 1^\circ 4' 23,7''$
30°	$\gamma = 1^\circ 13' 30,0''$	(-) 30°	$\gamma = 1^\circ 15' 21,6''$

und damit schliesslich die in Tabelle 3 zusammengestellten Werte von h' nach (19) (20 mal vergrössertes Diagramm in Millimetern):

Tabelle 4.

α	h'	α	h'
0°	0,00	0°	0,00
$+ 6^\circ$	34,78	$- 6^\circ$	34,82
$+ 12^\circ$	67,93	$- 12^\circ$	68,23
$+ 18^\circ$	97,92	$- 18^\circ$	98,86
$+ 24^\circ$	123,37	$- 24^\circ$	125,43
$+ 30^\circ$	143,17	$- 30^\circ$	146,80

Nach den Tabellen 3 und 4, zusammen mit der vorläufigen Tabelle 2 kann man nun die definitive Tabelle aller radial aufzutragenden Strecken a' und h' für die 2° -Punkte des Diagramms aufstellen; sie lautet:

Tabelle 5.

α	a'	h'
$- 30^\circ$	50,43	146,80
$- 28^\circ$	52,42	140,33
$- 26^\circ$	54,30	133,19
$- 24^\circ$	56,09	125,43
$- 22^\circ$	57,76	117,13
$- 20^\circ$	59,32	108,26
$- 18^\circ$	60,74	98,86
$- 16^\circ$	62,04	89,04
$- 14^\circ$	63,19	78,82
$- 12^\circ$	64,19	68,23
$- 10^\circ$	65,05	57,34
$- 8^\circ$	65,75	46,19
$- 6^\circ$	66,29	34,82
$- 4^\circ$	66,67	23,31
$- 2^\circ$	66,90	11,68
$\mp 0^\circ$	66,95 ₅	0,00

α	a'	h'
$\mp 0^\circ$	66,95 ₅	0,00
$+ 2^\circ$	66,86	11,68
$+ 4^\circ$	66,59	23,29
$+ 6^\circ$	66,15	34,78
$+ 8^\circ$	65,57	46,09
$+ 10^\circ$	64,83	57,16
$+ 12^\circ$	63,93	67,93
$+ 14^\circ$	62,90	78,37
$+ 16^\circ$	61,71	88,38
$+ 18^\circ$	60,38	97,92
$+ 20^\circ$	58,94	106,98
$+ 22^\circ$	57,37	115,47
$+ 24^\circ$	55,67	123,37
$+ 26^\circ$	53,88	130,66
$+ 28^\circ$	52,00	137,28
$+ 30^\circ$	50,00	143,17

Nicht unerwähnt mag bleiben, dass mehrere kleine Vernachlässigungen, die die Formeln (12), (13), (12'), (13'), (14); (18), (18') und (19) enthalten, von verschwindend kleinem Einfluss sind.

Die Asymmetrie des Diagramms ist, wie schon angedeutet, selbst in der 20fach vergrösserten Zeichnung, für die alle Zahlen oben stehen, nicht bedeutend, wenn auch merklich. Beim Vergleich der Tabelle 5 mit Tab. 2 ist zu bemerken, dass bei $\alpha = +10^\circ$ in 2 der Wert $h' = 57,25$ beträgt und dieser das Mittel von 57,34 und 57,16 ist, was in 5 bei $\alpha = +10^\circ$ und $\alpha = -10^\circ$ vorkommt. Ebenso ist auch bei 20° : $h' = 107,63$ in 2 noch bis auf 0,01 mm genau = $\frac{1}{2}(108,26 + 106,98)$.

Eine Abbildung der wirklichen Form der Linien des Diagramms ist bereits in Fig. 4 gegeben worden; ebenso ist bereits früher bemerkt worden, dass von dieser 20fach vergrösserten auf die Glastafel aufgetragenen Zeichnung das wirkliche Diagramm auf dem Glasplättchen T durch photographische Verkleinerung hergestellt worden ist.

B) Justierung des Instruments. Von den gewöhnlichen Anforderungen an den Theodolit mit fester Alhidadenlibelle sei hier nur nebenbei die Rede: Axe jeder der zwei zur Kreuzlibelle zusammenwirkenden Röhrenlibellen der Alhidade \perp zur Umdrehungsaxe, so dass diese vertikal gestellt werden kann; Ziellinie (oder hier besser Zielebene, über die Ablesekante!) des Fernrohrs \perp zur Kippaxe (hergestellt durch Verschiebung des Objektivs, vgl. Ende des Abschnitts III); Kippaxe \perp zur Umdrehungsaxe, also bei richtig stehender Umdrehungsaxe horizontal.

Im übrigen ist die Justierung des Instruments erreicht, wenn

1. die Ziellinie über den (nicht in der Mitte, sondern in der obern Hälfte des Gesichtsfelds liegenden) Haupt- oder Nullfaden N bei einspielernder Nivellierlibelle auf dem Fernrohr horizontal geht;
2. wenn der Wert der Konstanten $C_1 = 100$ (und damit gleichzeitig von selbst der der Konstanten $C_2 = 20$) mit genügender Schärfe hergestellt ist;
3. wenn das Diagramm genau zentriert und genau orientiert ist.

Dazu muss

- a) der Mittelpunkt des Kreisbogens (Grundkreis oder Nullkurve des Diagramms) genau in die Kippaxe fallen;
- b) der Nullfaden N muss den Grundkreis stets in einem Punkt berühren, welche Kippage (bis zu $+30^\circ$ und -30° Höhenwinkel) man auch dem Fernrohr geben mag;
- c) bei richtig stehender Umdrehungsaxe des Instruments und bei einspielernder Nivellierlibelle auf dem Fernrohr (horizontaler Ziellinie über N gemäss 1.) muss der Hauptpunkt O des Diagramms genau im Schnittpunkt von N mit der Ablesekante des Prismas erscheinen. Ferner müssen für diese Stellung des Fernrohrs die zwei auf der Mittellinie des Diagramms (dem Höhenwinkel 0 entsprechend) angegebenen Zentrierungskreuzchen (Fig. 10) scharf in die Kante fallen. Diese Mittellinien-Marken erscheinen in der Fig. 4 wenig oberhalb des Hauptpunkts und etwas ausserhalb der Mitte der E -Kurve;



Fig. 10.

d) wenn a), b), c) erfüllt sind, so werden von selbst die radialen Endstriche des Diagramms, dem Höhenwinkel $+ 30^\circ$ und $- 30^\circ$ entsprechend gezogen, beim Kippen des Fernrohrs bis zu diesen Winkeln, scharf in die Ablesekante fallen; immerhin ist damit eine willkommene weitere Prüfung gegeben.

Die genügende Erfüllung dieser Anforderungen lässt sich durch sehr verschiedene Anordnungen der Justiervorrichtungen am Instrument erreichen und es sind auch in der That mehrere Einrichtungen versucht worden, wie schon in der Beschreibung der ältern und neuern Anordnung der Instrumententeile in Abschnitt III angedeutet ist. Die folgende Anleitung hält sich an die neuern, am Schluss des Abschnitts III beschriebenen und auf Tafel II gezeichneten Einrichtungen.

Eine besondere Fürsorge verlangte die Rücksicht auf gute Erhaltung der einmal hergestellten Justierung. Obgleich auch die gewöhnlichen Tachymeterkonstruktionen mit Höhenkreis in dieser Beziehung viel zu wünschen übrig lassen (— an vielen Instrumenten dieser Art, die ich bei fortgesetztem Gebrauch Morgen für Morgen justieren lasse, zeigen sich trotz scharfen Anziehens aller Korrektionschrauben fortwährende Verbesserungen notwendig —), so war doch bei dem neuen Instrument vor allem darauf zu halten, dass es auch einen nicht zu sorglosen Transport ohne Störung seiner einmal erreichten Justierung sicher erträgt. Gerade diese Rücksicht hat zu den jetzt gewählten Korrektioneinrichtungen geführt, die nun sicher wirken und sich als genügend unveränderlich gezeigt haben. Das Vertrauen auf die Erhaltung der Justierung darf jetzt bei dem neuen Instrument grösser sein, als bei den gewöhnlichen Tachymeterkonstruktionen (Erhaltung der Beseitigung des Indexfehlers am Höhenkreis u. s. f.) wegen sorgfältiger Sicherung der Justiervorrichtungen; übrigens sind die Dinge, auf die es besonders ankommt, leicht nachzusehen.

Im einzelnen verlangt die Justierung Folgendes (wobei einige oben bereits erwähnte Punkte wiederholt sind):

a) Anforderungen an das Instrument als Theodolit mit Nivellierlibelle auf dem Fernrohr.

1. Axe jeder der zwei Kreuzlibellen soll rechten Winkel bilden mit der Umdrehungsaxe des Instruments: für jede der Libellen Libelle eingespielt, Alhidade um 180° gedreht, Hälfte des Blasenausschlags an der Korrektionsvorrichtung der Libelle verbessert; mehrfach zu wiederholen wie immer.
2. Kippaxe soll \perp stehen auf Umdrehungsaxe, also bei richtigstehender Umdrehungsaxe (was nach Ausführung der Korr. 1. erreicht werden kann) horizontal liegen: mit einem Punkt der Prismakante im Okular (Schnittpunkt mit Nullfaden) einen unter grossem Höhenwinkel erscheinenden Punkt eines feinen schwarzen, an der Zimmerwand herabhängenden Senkelfadens angezielt und herabgekippt. Da man das Fernrohr nicht unmittelbar durchschlagen kann, kann man nicht bequem das Herabloten eines unter grossem Höhenwinkel erscheinenden Punkts in beiden Lagen des

Fernrohrs anwenden. Korrektur der halben Abweichung durch Heben oder Senken des beweglichen Lagers.

3. Ziellinie soll \perp stehen auf der Kippaxe: die „Ziellinie“ ist hier eine Zielebene, gegeben durch die Kante des Prismas im Okular und den optischen Mittelpunkt des Objektivs; ferner sollen gleichzeitig mit N die Kurven des Diagramms scharf gesehen werden, man hat deshalb folgendermassen zu verfahren:

- α) ist nachzusehen, ob das Bild des Diagramms (s. u.) scharf in der Bildebene (Ebene des Horizontalfadens N und der Prismenfläche) erscheint: Lösung der drei Schrauben GH (vgl. Tafel II), Verschiebung des ganzen Okularkopfs in der Richtung der optischen Axe des Fernrohrs, Schrauben wieder scharf anziehen; sodann soll

- β) Prismenkante in der Bildebene genau vertikal stehen bei richtig aufgestelltem Instrument: Benützung des Loffadens von 2. genügt; Schrauben S_1, S_2, S_3 gelöst (Tafel II), dann Prisma durch $N_1 N_2$ gedreht, die genannten Schrauben wieder sehr fest angezogen.

- γ) Ebene durch Prismenkante und Objektiv-Mittelpunkt \perp zur Kippaxe: entfernter Punkt M angezielt, sodann Fernrohr vorsichtig umgelegt auf den Lagern; halber Zielfehler, der sich zeigt, an den Richtschrauben des Objektivs verbessert (vgl. Schnitt CD , Tafel II).

4. Ziellinie des Fernrohrs über Nullfaden N soll \parallel sein zur Axe der Nivellierlibelle auf Fernrohr, also bei Einspielen dieser Libelle horizontal gehen. Damit ist dann der obere Teil des Instruments ein brauchbares Nivellierinstrument. Man kann zur Herstellung der horizontalen Richtung aus der Mitte nivellieren oder auch das Fernrohr umlegen (Wendelibelle!). Jedenfalls ist die Berichtigung nicht am Faden, sondern an der Richtschraube der Nivellierlibelle zu machen, die mit guter Sicherung zu versehen ist.

b) Anforderungen an die Stellung des Diagramms u. s. f. (vgl. auch oben):

5. Bei horizontaler Zielung über den Nullfaden, also gemäss 4. bei einspielender Nivellierlibelle auf dem Fernrohr, soll bei vertikal gerichteter Umdrehungsaxe (vgl. 1.) der Hauptpunkt des Diagramms scharf im Schnittpunkt der Ablesekante mit dem Nullfaden erscheinen; vorläufige Verschiebung und Drehung des Diagramms mit Hilfe der Richtschrauben MM_1 und XX_1 , vgl. Tafel II; Verwendung der Setzlibelle auf der Oberkante des Diagrammglases: der Winkel zwischen dieser Linie und der Mittellinie des Diagramms ist vom Mechaniker genügend scharf zu einem rechten Winkel geschliffen.

6. Nunmehr oder schon vor 5. ist dafür zu sorgen, dass die Entfernungskonstante $C_1 = 100$ (und damit gleichzeitig die Höhenkonstante $C_2 = 20$) wird; mit Latten Entfernung von z. B. 100 m gut abgemessen, Tachymeterlatte dort aufgestellt; bei horizontaler Richtung der Zielung (einspielender Nivellierlibelle) soll zwischen dem Lattenpunkt, der der Zielung

über den Nullfaden entspricht (= Zielung über den Hauptpunkt) und dem Lattenpunkt, der der Zielung über den Halbierungspunkt der Entfernungskurve entspricht, scharf die Lattenstrecke 1,000 liegen. Verbesserung durch Verschiebung der anallaktischen Linse.

7. Diagramm endgiltig so ausrichten, dass beim Kippen des Fernrohrs in beliebiger Neigung über und unter die Horizontale der Grundkreis des Diagramms den Horizontalfaden N stets an der Stelle scharf berührt, wo der Nullfaden N die Ablesekante (Prismenkante) schneidet. Beim Kippen bis zu $\pm 30^\circ$ werden dann die diesen Winkeln entsprechenden, im Diagramm gezogenen radialen Endstriche scharf in die Prismenkante fallen.

Die Berichtigung ist durch wechselweise Verschiebung des Diagramms mit den schon oben angegebenen Schrauben und der Linse L (vgl. Tafel II) zu machen (Schnitt EF daselbst).

Die Anforderungen 5. und 7. sind wechselweise mehrfach zu prüfen; 6. kann schon vor 5. erledigt werden.

Wenn einmal dafür gesorgt ist, dass alle angegebenen Anforderungen gut erfüllt sind und alle Schrauben (die fast alle mit Gegenmuttern versehen sind) gut angezogen werden, so wird man bei tage- und wochenlangem Gebrauch des Instruments kaum eine weitere Justierung erforderlich finden. Doch ist selbstverständlich immer gelegentlich wieder nachzusehen, ob 4. sodann 5. und 7. genügend erfüllt sind, was aber ja sehr rasch zu machen ist. Zeigen sich diese drei Anforderungen erfüllt, so darf sofort mit dem Instrument weitergearbeitet werden.

Die Justierung ist also durchaus nicht kompliziert, jedenfalls nicht mehr als bei den sonstigen Tachymeterkonstruktionen, und ist bei den jetzigen Einrichtungen mit Sicherheit lange dauernd zu erhalten.

V.

Gebrauch des Instruments. Latten. Abänderungen und Zuthaten. Tachymeterkippregel.

Über den Gebrauch des Instruments ist nicht mehr viel zu sagen; wenn es rektifiziert ist, besteht die Arbeit bei jedem Punkt (von der bei allen Tachymetertheodoliten gleichbleibenden Ablesung des Horizontalkreises oder, in besonders Fällen auch bei Messung auf freiem Feld, der Bussole abgesehen) in folgendem:

1. Latte auf dem aufzunehmenden Punkt vom Lattenträger vertikal gestellt;
2. Nullfaden auf Lattenmarke M der Latte gerichtet;
3. Lattenablesung l_1 am Schnittpunkt der ganz ausgezogenen Entfernungskurve mit der Ablesekante, und ziemlich gleichzeitig, da man das Gesichtsfeld leicht übersieht, Lattenablesung l_2 am Schnittpunkt der gestrichelten Höhenkurve mit der Ablesekante, wobei für l_2 noch das mehrfach sichtbar werdende Vorzeichen mit abzulesen ist;
4. Latte abgerufen.

Da (ausser der Horizontalwinkelablesung) jede weitere Ablesung am Instrument wegfällt, so wird man hier leichter als bei andern Tachymetertheodoliten (wo es auch oft empfohlen wird, obgleich man meist die Zeit, die der Lattenträger

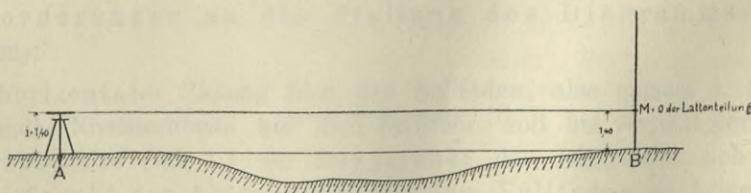


Fig. 11.

zum Weg vom einen zum andern Punkt braucht, für die Ablesungen nötig hat) mehrere Latten nebeneinander beschäftigen können, wodurch die Feldarbeitszeit stark ausgenützt werden kann. Der Lattenträger wird hier, obgleich zwei Ablesungen an der Latte zu machen sind, sicher nicht länger auf jedem Punkt aufgehalten, als bei andern Tachymeterkonstruktionen, weil zwischen jene zwei Lattenablesungen keine Einstellung oder sonstige Ablesung fällt.

Was die Latte angeht, so ist nun vor allem zu beachten, dass der Nullpunkt der Teilung in der Höhe über dem Aufsetzpunkt der Latte liegt, den man

erfahrungsgemäss der Kippaxe eines Tachymetertheodolits über dem Boden (über der Oberfläche eines Bodenpflocks) giebt; diese Höhe schwankt bekanntlich nur um wenige cm, etwa zwischen 1,35 und 1,42 m, je nach der Körperhöhe des Messenden. Die Höhe des Lattennullpunkts (Lattenmarke M) ist hienach zu 1,40 m angenommen und horizontale Zielung über den Nullfaden geht also stets dann nach der Lattenmarke, wenn die Latte auf einem Punkt B steht, der genau dieselbe $N.N.$ -Höhe hat, wie der Punkt A , über dem das Instrument aufgestellt ist, Fig. 11.

Dabei ist vorausgesetzt, dass AB so lang und die Genauigkeit der Höhenangaben nur so gross ist, dass die mögliche Schwankung in der Höhe von i um einige cm ohne wesentlichen Einfluss ist: zu beachten, dass bei $AB = 100$ m Entfernung bis zur Latte eine Höhenänderung von 1, 2, 3 cm in i oder in t einer Neigungsänderung der Zielung von 21", 41", 1' entspricht, bei 200 m Entfernung der Latte sind diese Beträge halb so gross u. s. f. Denkt man sich also dem gewöhnlichen Tachymeterverfahren T_2 entsprechend die Höhenwinkel auf 1' abgelesen, so ist bei 150 m durchschnittlicher Zielweite eine Veränderung von einigen cm in i ganz ohne Bedenken.

Vom Nullpunkt aus geht nun also die Lattenteilung auf dem längern Lattenteil bei 4 m langer Latte bis zu 2,60, einer Zielweite von 260 m entsprechend. Macht man die Latte 4,40 m lang, was mit Rücksicht auf Gewicht einerseits (Transportgewicht nicht zu gross) und das Schwanken andererseits (Latte auch nicht zu leicht; besonders für Versteifung sorgen, da das Schwanken den Transport sehr erschwert) angeht, so reicht man bis zu Entfernungen von 300 m aus und dies genügt im allgemeinen selbst für T_2 (für T_1 kommen so grosse Längen nur ganz ausnahmsweise in Betracht).

Die Art der Einteilung der Tachymeterlatten ist bekanntlich so mannigfach als irgend möglich.

Die ersten Versuchsreihen mit einem Exemplar des neuen Instruments, die im folgenden Abschnitt VI zu beschreiben sind, wurden mit einer Latte mit cm-Feldteilung gemacht, die von Herrn Fennel mit dem Instrument gesandt wurde. Die nebenstehende Fig. 12 giebt eine Ansicht von Teilung und Bezifferung im Massstab von rund 1 : 3,6. Die Latte ist nicht unbequem, wenn auf 1 mm abgelesen werden soll in l_1 und l_2 (T_1 oder T_1/T_2 ; 1 mm Fehler in l_1 entspricht 1 dm Fehler in der Horizontal-distanz, 1 mm Fehler in l_2 entspricht 2 cm Fehler im Höhenunterschied).



Fig. 12.
Massstab 1 : 3,55.

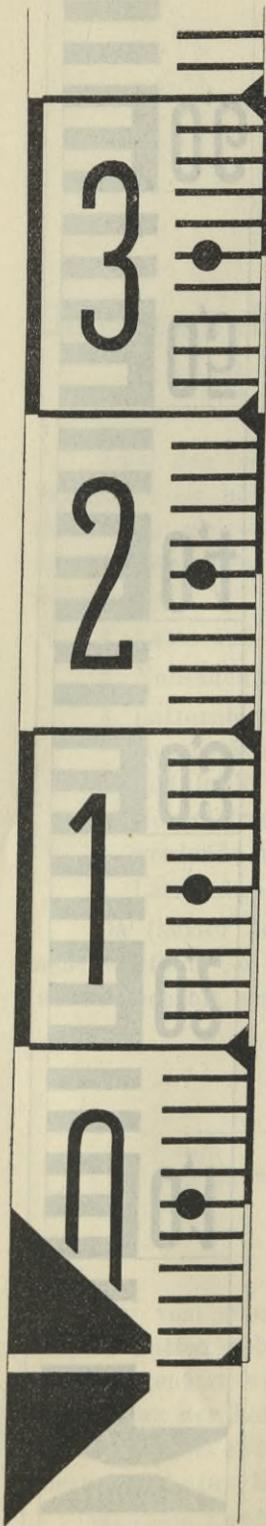


Fig. 13.
Massstab 1 : 2,4.

Aber selbst für T_1 oder T_1/T_2 (bei Zielungen, die über etwa 120 oder 150 m Länge nicht hinausgehen dürfen, weil sonst auch bei dem vorhandenen guten Fernrohr doch die Ablesung auf 1 mm zu schwierig oder unmöglich wird), ziehe ich im allgemeinen eine Strichteilung für die hier anzuwendende cm-Latte vor; man darf nur die Striche nicht zu fein, muss sie vielmehr 1 bis 2 mm stark machen, wodurch an der für T_1 erstrebten Genauigkeit nur wenig verloren geht.

Ferner hat es gar keinen Wert, die Zahlen der Latte so klein zu halten, dass man sie an die dm-Striche setzen kann; so kleine Lattenzahlen halten nur auf. Es ist viel besser, die Lattenzahlen (dm-Zahlen) gross zu schreiben und sie in die Mitte der dm-Felder zu stellen. Eine diesen Rücksichten entsprechende cm-Felderteilung zeigt die Fig. 13.

Der weitaus wichtigere Fall der auch für das neue Instrument in Betracht kommenden Tachymetrie T_2 (— in vielen Beziehungen der wichtigste Teil der Tachymetrie überhaupt —) kann von einer cm-Latte keinen Gebrauch machen, schon deshalb nicht, weil, wie oben angedeutet, bei Zielweiten > 120 oder 150 m, die bei T_1 nur ausnahmsweise vorkommen, dagegen bei T_2 um so wichtiger sind, die Ablesung an der cm-Latte zu schwierig oder unmöglich wird, wenn das Fernrohr nicht sehr starke Vergrösserung hat, und selbst wenn dies der Fall ist, ist der Luftzustand häufig nicht genügend. Man verwendet hier eine dm-Latte (oder Halb-dm-Latte); ich habe eine solche Tachymeterlatte als „Distanzlatte“ u. a. schon in der Zeitschrift für Vermessungswesen, 1891, S. 199 abgebildet.

Es ist merkwürdig, mit wie unbequemen Latten-teilungen sich die T_2 da und dort plagt, z. B. statt Ablesung des dm-Strichs und Schätzung der cm sorgfältiges Abzählen der dm und dann erst Schätzung der cm, weil die Latte stumm ist.

Unter Verweis auf meine Notiz in der Zeitschrift für Vermessungswesen 1896, Bd. XXV, S. 653—655 soll hier nicht weiter auf diese Sache eingegangen werden, die ich ebenfalls ausführlicher an dem mehrfach a. O. zu behandeln gedenke.

Einen neuen Entwurf einer „Distanzlatte“ in Halb-dm-Strichteilung (Striche 0,8 cm stark), speziell für den neuen Tachymetertheodolit bestimmt, zeigt Fig. 14; übrigens soll diese Teilung nur die Strichform und Strichstärke andeuten, im übrigen ist sie noch verbesserungsbedürftig, besonders müssen die Halbdezimeterstriche und Dezimeter-

striche unterschieden und die Zahl für die Dezimeterstriche leichter erkennbar gemacht werden.

Beim Halten der dm-Latte braucht man keine Strebe, (ausser auf schwierig begehbarem Gelände), die bei T_1 und der cm-Latte erwünscht oder notwendig ist, man begnügt sich vielmehr mit dem Senkel oder der Dosenlibelle oder hält die Latte überhaupt nur nach Augenmaass vertikal.

Man darf allerdings nicht ausser Acht lassen, dass bei dem neuen Instrument jedes $\frac{1}{2}$ cm oder 1 cm Fehler in l_1 die Horizontalabstand um $\frac{1}{2}$ oder 1 m unrichtig macht, was aber im allgemeinen bei T_2 nicht von Belang ist und bei der gewöhnlichen Tachymeterkonstruktion ebenso wiederkehrt, ferner aber, dass ein Fehler von $\frac{1}{2}$ cm oder 1 cm in l_2 den empfindlichen Höhenunterschied schon um 1 oder 2 dm falsch macht; über wenige dm Höhenfehler will man aber nicht hinausgehen.

Am meisten zu empfehlen ist es, von den beiden Seiten der Latte die eine mit cm-Teilung, die Rückseite aber mit dm- oder $\frac{1}{2}$ dm-Teilung zu versehen. Ich habe solche Latten bei Höhenaufnahmen in Württemberg eingeführt und war mit ihnen immer sehr zufrieden; man ist damit für alle Fälle T_1 und T_2 und auch für alle Ordnungen des Nivellierens von der II. bis zur IV. Ordnung ausgerüstet.

Nun noch einige Zusätze:

1. Die Bemerkung, dass man mit dem Tachymeter-Instrument gelegentlich auch kurze Strecken nivellieren will und muss, z. B. zur Feststellung der Höhe eines guten Tachymeter-Standpunkts von benachbarten Höhenpunkten aus, dass man dies mit dem hier beschriebenen Apparat aber nicht könne, weil die Latte nur Nivellierablesungen in grösserer Höhe über dem Boden (Aufsetzpunkt) zulasse, ist sehr einfach zu erledigen: Man lasse sich die beiden Seiten der Latte (cm- und $\frac{1}{2}$ dm-Teilung) auch in den untern 1,4 m einteilen (rote Striche oder rotweisse Felder) und ebenso rot beziffern; die Zahlen können zweckmässig gleich das — Zeichen vorgesetzt erhalten, das man an dieser Stelle mit ablesen muss. Diese Einrichtung stört die Hauptverwendung der Latte nicht im geringsten und man ist dann auch für das Nivellieren eingerichtet (III. Ordnung und IV. Ordnung, die hier allein in Betracht kommen); der obere Teil des Instruments stellt ja ein Nivellierinstrument vor, das ohnehin berichtigt werden muss.

Die kleine Abänderung, die für das Rechnen des Nivellements dadurch entsteht, dass die schwarzen Lattenzahlen vom Nullpunkt nach oben, die roten vom Nullpunkt nach unten auf der Latte laufen, empfindet man für kurze Nivellementsstrecken, um die es sich hier allein handelt, durchaus nicht

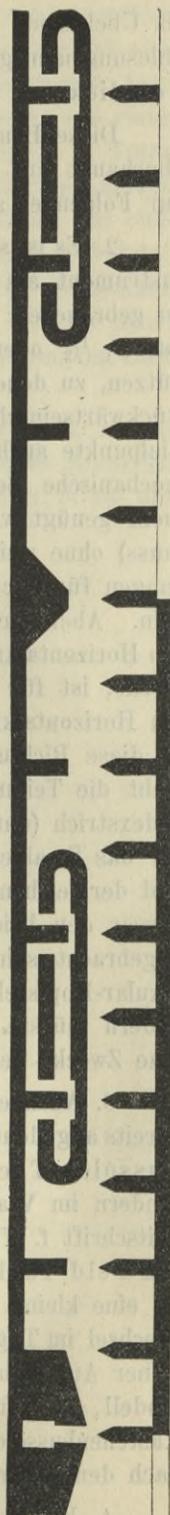


Fig. 14.
Massstab 1 : 4,55.

als Übelstand. Man hat sich nur ein für allemal zu merken: rote Nivellierablesungen negativ nehmen (so dass „rote Rückblicke“ zu subtrahieren, rote Vorblicke zu addieren sind, umgekehrt wie bei den schwarzen Zahlen).

Diese Bemerkung über gelegentliches Nivellieren mit dem Instrument führt überhaupt auf Notizen über erweiterten Gebrauch. Es sei in dieser Beziehung nur Folgendes angegeben:

2. Es ist schon oben (S. 11/12) angedeutet, dass z. B. nichts daran hindert, das Instrument als gewöhnlichen Theodolit zur Messung von Horizontalwinkeln zu gebrauchen. Richtet man nur z. B. die Ablesung am Horizontalkreis mit Nonien auf $1'$, $\frac{1}{2}'$ oder $20''$ ein, so kann man das Instrument auch zu allen Arbeiten benützen, zu denen man einen kleinen Theodolit zu verwenden pflegt, und kann z. B. Rückwärtseinschneiden des Tachymeterstandpunkts über 3 oder mehr gegebene Zielpunkte auch für den Fall grosser Entfernung dieser Punkte (wo z. B. graphisch-mechanische Bestimmung des Standpunkts durch den „Standpeiler“ dann nicht mehr genügt wie bei kurzen Zielungen, sondern mit Koordinaten gerechnet werden muss) ohne weitres ausführen. Für die Ablesung der einzelnen horizontalen Richtungen für tachymetrische Zwecke ist allerdings Ablesung auf $30''$ oder $20''$ zu fein. Aber nichts hindert ja daran, mehrere verschiedene Ablesevorrichtungen am Horizontalkreis (bei derselben Limbus-Teilung also) anzubringen. Nebenbei bemerkt, ist für viele tachymetrische Zwecke, z. B. für T_2 durchaus, die Ablesung am Horizontalkreis ohne Nonius nur an einem Indexstrich, das beste, da man ja diese Richtungen doch später mit einem Strahlenzieher unmittelbar aufträgt. Geht die Teilung z. B. auf $\frac{1}{3}^\circ = 20''$, so liest man durch Schätzung an dem Indexstrich (unter der grossen Leselupe) auf $2'$ ab und grössere Genauigkeit hat für das Strahlenzieher-Auftragen der Richtungen mit Zentrierung durch einen Stift und dergleichen gar keinen Wert. Ein solcher Indexstrich kann selbst bequem, ausser den beiden Nonien zur feinem Ablesung, an anderer Stelle der Alhidade angebracht sein, wenn möglich so, dass man den Indexstrich bequem von der Okular-Kopfstellung aus ablesen kann, ohne dass der Beobachter seinen Ort verändern müsste. Aber auch andere Ablesungen verschiedener Art für diese und jene Zwecke bestimmt, vertragen sich ganz gut nebeneinander.

3. Auch eine Bussole kann dem Instrument beigegeben werden, wie ebenfalls bereits angedeutet ist (S. 11). Doch sei auch hier ausdrücklich hervorgehoben, dass die Bussolen-Tachymetrie ihr wichtigstes Anwendungsgebiet nicht auf freiem Feld, sondern im Wald hat (vgl. meine bereits mehrfach angeführte Äusserung in der Zeitschrift f. Vermess. 1891) und dass das neue Instrument zunächst wesentlich ein Feld-Tachymeterinstrument (für T_2) vorstellt. Zur Verwendung im Wald, wo eine kleine leichte Tachymeterbussole die besten Dienste leistet (100 oder 200 Wechsel im Tag auf Tachymeterbussolenzügen!), ist das neue Instrument auch nach seiner Ausrüstung mit einer Bussole wenig geeignet, wenigstens in seinem jetzigen Modell, das für diese Anwendung zu schwer wäre. Der Ausstattung mit einer Kästchenbussole oder Röhrenbussole zur gelegentlichen Orientierung der Zielungen nach dem magnetischen Meridian steht aber wie schon angedeutet nichts im Weg.

4. Ferner liesse sich auch ein Höhenkreis anbringen, der auf freiem Feld manchmal erwünscht sein kann. Oft ist ein neuer guter Standpunkt des Tachy-

meters weder nach der Lage bekannt (vgl. die Bemerkung über Rückwärtseinschneiden in 2.), noch auch nach der Höhe, oder er ist nach der Lage gegeben, nicht aber seine Höhe, und man will diese nicht durch Nivellieren, vgl. 1., bestimmen, kann sie vielmehr genügend dadurch erhalten, dass man von dem Standpunkt aus einige Höhenwinkel nach der Höhe und Lage nach gegebenen Zielpunkten (z. B. Turmpunkten) misst. In einem Land mit zahlreichen trigonometrisch bestimmten Höhen, wie z. B. Württemberg, ist dies oft ein einfaches und bequemes Mittel, um ohne viel Feldarbeit die Höhe des Horizonts (Höhe der Kippaxe) für eine neue Aufstellung des Instruments festzustellen. Und hiezu kann also ein Höhenkreis willkommen sein, den man sonst für die tachymetrisch aufgenommenen Punkte bei dem neuen Instrument nicht braucht. Immerhin ist dies Nebensache und die Anbringung eines Höhenkreises wird nur auf ausdrücklichen Wunsch geschehen.

5. Dass das neue entfernungs- und höhenmessende Fernrohr nicht nur an einem theodolitartig gebauten Instrument, sondern z. B. auch an einer Kippregel angebracht werden kann, ist schon im Patentspruch angegeben (vgl. S. 18) und es sei hier nur nochmals daran erinnert.

a) Probemessungen mit dem ersten brauchbaren Modell des Instruments im Oktober 1900.

Die analytische Lösung des Problems war bei dieser Messung für das Instrument zunächst einseitig. Nach dem die Konstanten $C_1 = 100$ und $C_2 = 20$ gefunden waren, beschränkte sich die Messung auf die Bestimmung der Höhe H und der Entfernung D . Die Höhe H wurde durch die Messung der Winkel α und β bestimmt, die Entfernung D durch die Messung der Winkel α und β . Die Höhe H wurde durch die Messung der Winkel α und β bestimmt, die Entfernung D durch die Messung der Winkel α und β .

Die Probemessungen mit diesem ersten brauchbaren Modell des Instruments sind von Hirt eine ausführliche Angabe worden (S. 10). Die Messungen sind von Hirt eine ausführliche Angabe worden (S. 10). Die Messungen sind von Hirt eine ausführliche Angabe worden (S. 10).

VI.

Genauigkeitsversuche.

Ich stelle unten alle Messungsversuche zusammen, die bisher hier in Stuttgart zur Ermittlung der erreichten Genauigkeit ausgeführt worden sind. Dabei sind nicht besonders „günstige äussere Umstände“ aufgesucht, sondern die Messungen entsprechen in allem der gewöhnlichen Feldarbeit unter „mittlern Verhältnissen“. Selbstverständlich ist bei allen Versuchen so verfahren, dass eine Anzahl von Punkten in passenden Entfernungen von und in passenden Höhen über und unter dem Standpunkt A des Instruments durch Pflöcke und dgl. bezeichnet worden sind. Die horizontalen Entfernungen dieser Pflöcke vom Standpunkt A sind direkt mit Messlatten doppelt bestimmt worden und bei Entfernungen bis 200 m bis auf wenige cm sicher. Die Höhenunterschiede zwischen dem Pflöck A und den andern Pflöcken und Punkten sind durch doppeltes Nivellement ermittelt und durchaus innerhalb des cm sicher.

Erst zum Schluss, nach Ausführung der Messung mit dem neuen Instrument, hat immer der Vergleich seiner Angaben mit den gemessenen Werten stattgefunden.

a) Probemessungen mit dem ersten brauchbaren Modell des Instruments im Oktober 1900.

Die anallaktische Linse des Fernrohrs war bei diesem Exemplar des Instruments noch nicht eingesetzt. Auch waren die Konstanten noch nicht $C_1 = 100$ und $C_2 = 20$, sondern es war beabsichtigt $C_1 = 100$ und $C_2 = 25$ mit Rücksicht auf die damals (noch nicht genügend gross) mögliche Öffnung der Blenden. Da man mit 25 weniger bequem im Kopf multipliziert als mit 20, so hätte für die eine Unbekannte (Höhe) eine Tafel angewendet werden müssen (aber nur mit dem einen Argument l_2). Doch ist, wie oben beschrieben, bei dem jetzigen Instrument $C_2 = 20$ möglich geworden, so dass die Benützung jeder Tafel wegfällt.

Die Versuchsmessungen mit diesem ersten gebrauchsfähig gewordenen Modell des Instruments sind mit Hilfe einer cm-Strichlatte angestellt worden (Striche der Latte noch etwas zu fein, so dass auf grössere Entfernungen die Ablesung nicht genügend bequem war); Bezifferung der Latte mit ziemlich grossen Dezimeterzahlen, Nullpunkt (Marke) wie oben angegeben 1,4 m über dem Boden. Die Striche des Diagramms am Instrument waren ferner an diesem Modell noch

etwas zu stark, auch aus diesem Grund konnte bei grössern Entfernungen nicht auf 1 mm, sondern nur auf 1 cm abgelesen werden; bei der topographischen Tachymetrie wird aber ja ohnehin so verfahren, s. oben (Fehler in l_1 1 cm giebt 1 m Fehler in der Entfernung, was für Aufnahmen z. B. in 1 : 2500 ziemlich gleichgiltig ist; Fehler in l_2 gleich 1 cm giebt 0,2 oder hier 0,25 m Fehler in der Höhe, was bei nicht ganz kleinen Höhenunterschieden ebenfalls nicht in Betracht kommt).

Die hier in a) anzuführenden Versuche sind dieselben, die in den drei auf S. 9 genannten Aufsätzen zuerst veröffentlicht wurden. Die Zahlen sind durch die folgenden Angaben in b) und c) überholt; ich wollte sie aber der Vollständigkeit halber doch nicht weglassen. Es ist überhaupt hier von den Versuchen keine Zahl weggelassen; nur die zwei zuerst gemessnen Reihen sind ganz unterdrückt, weil die Beobachter noch nicht genügende Übung in der Ablesung der l_1 und l_2 hatten (die Ablesekante war an dem Modell auch noch nicht genügend scharf). Die Ablesungen sind bei dem ersten Versuch absichtlich nicht von mir, sondern von Hilfslehrer Haller und Assistent Heer gemacht.

I. Versuch, 3. Ablesungsreihe.

Datum: 1900. Oktober 2.

Beobachter Haller.

Wetter: ziemlich trübe. — Ort: Feuerbacher Heide bei Stuttgart.

Nr.	Mit Latten direkt gemessene Länge	Nivel-lierter Höhen-unterschied	(Ungefäher) Höhenwinkel	l_1 Lattenablesung f. d. Entfernung	l_2 Latten-ablesung für den Höhen-unterschied	Berechnete Entf. ($C_1 = 98$) (s. u.)	Berechnete Höhendifferenz ($C_2 = 24,8$) (s. u.)	Korrektion für die Entfernung	Korrektion f. d. Höhendifferenz (auf 1 dm abget.)
	m	m							
1)	33,4	— 7,90	— 14°	0,335	— 0,320	32,8	7,9	+ 0,6	0,0
2)	53,4	— 11,47	— 13°	0,540	— 0,452 (+ 0,2)	53,0	11,2 + 0,2 = 11,4	+ 0,4	+ 0,1
3)	73,4	— 15,69	— 13°	0,743	— 0,640	72,9	15,9	+ 0,5	— 0,2
4)	113,4	— 18,04	— 9°	1,155	— 0,675 (+ 1,4)	113	16,8 + 1,4 = 18,2		— 0,2
5)	136,4	— 15,76	— 7°	1,390	— 0,620	136	15,4		+ 0,4
6)	153,4	— 18,40	— 6,5°	1,56	— 0,70 (+ 1,0)	153	17,4 + 1,0 = 18,4		0,0
7)	173,4	— 18,54	— 6°	1,78	— 0,75	174	18,6		— 0,1
8)	193,4	— 18,94	— 5,5°	1,975	— 0,77	194	19,1		— 0,2
9)	213,4	— 18,91	— 5°	2,18	— 0,77	214	19,1		— 0,2
10)	233,4	— 18,98	— 4,5°	2,39	— 0,77	234	19,1		— 0,1
11)	253,4	— 19,04	— 4°	2,59	— 0,76	254	18,9		+ 0,1

Hier überall Übereinstimmung auf das nächste Meter mit der gemessenen Entfernung, der Ablesung auf 1 cm an der Latte entsprechend; die Fehler sind deshalb nicht weiter angeschrieben.

Wie angedeutet, ist bei Entfernungen > 120 m bis 150 m nicht mehr auf 1 mm, sondern nur auf 1 cm abgelesen, sowohl in l_1 für die Länge als in l_2 für den Höhenunterschied. Über die Fehler der Länge ist also kaum mehr etwas zu sagen, sie halten sich ganz in den Grenzen, die sich allein schon durch die Ablesungsgenauigkeit ergeben, und es ist deshalb bei den folgenden zwei Versuchsreihen auf die Entfernung gar keine Rücksicht mehr genommen. Über die oben angenommenen Werte $C_1 = 98$, $C_2 = 24,8$ (statt 100 und 25) ist noch zu bemerken, dass bei dem ersten Modell des Instruments, wie schon angedeutet, die Konstante nicht verändert werden konnte und dass bei der Reduktion des in grossem Massstab aufgetragenen Diagramms das Längenverhältnis nicht ganz genau getroffen worden ist. Beim definitiven Instrument wird, wie schon oben auseinandergesetzt (s. S. 19/20 und S. 32/33), durch Verschiebung der Linse die genau richtige Grösse erreichbar gemacht. Die Multiplikationen $C_1 l_1$ und $C_2 l_2$ sind hier, bei den Versuchen in a), mit dem Taschenrechnerschieber ausgeführt wegen der unrunder Zahlen C_1 und C_2 .

Der durchschnittliche Höhenfehler in der vorstehenden Reihe (Entfernungen 30 bis 250 m, Höhenwinkel etwa -14° bis -4°) beträgt **0,15 m**, der einzige grössere vorkommende Fehler 0,4 m. Die Zusatzzahlen zu einzelnen Höhenablesungen (0,2 bei Nr. 2, 1,4 bei Nr. 4, 1,0 bei Nr. 6) deuten an, dass bei den Höhenablesungen für diese Punkte der Nullpunkt der Latte nicht benutzt werden konnte, sondern wegen Sichthindernissen die Latte an anderer Stelle genommen werden musste.

II. Versuch, 1. Ablesungsreihe.

Datum: 1900. Oktober 5.

Beobachter: Haller.

Wetter: ziemlich trübe. — Ort: an der Gäubahn (Falkert) bei Stuttgart (hier und im folgenden nur noch die Höhen berücksichtigt).

Nr.	Nivellierter Höhenunterschied	(Ungefäher Höhenwinkel)	(Ungef. Entfernung)	l_2 Lattenable- sung für den Höhenunterschied	Berechneter Höhenunterschied $C = 24,9$ (s. u.)	Verbesserung des bestimmten Höhenunterschieds (abger. auf 1 dm)
1)	31,95	-19°	92	$-1,26$	$-31,4$	$+0,5$
2)	32,99	-18°	102	$-1,32_5$	$-33,0$	0,0
3)	34,47	-16°	122	$-1,37$	$-34,2$	$+0,3$
4)	36,47	-14°	144	$-1,45_5$	$-36,3$	$+0,2$

Der durchschnittliche Fehler der Höhen beträgt hier (bei Längen zwischen 90 und 140 m, Höhenwinkel zwischen -19° und -14°) **0,25 m**.

Die Veränderung der Konstanten von 24,8 bei I auf 24,9 hier bei II, 1 ist durch Veränderung am Instrument zu erklären (auch für die Längen zeigt sich die Konstante 99 statt oben 98 notwendig); das Diagramm war an dem Modell noch nicht genügend fest. Die Vorzeichen der Verbesserungen (vgl. S. 42, letzte Spalte) deuten übrigens immer noch auf einen regelmässigen Fehler hin (kleine Nichtübereinstimmung der Höhe der Nullmarke der Latte mit der Instrumentenhöhe), aber in einem für topographische Zwecke gleichgiltigen Betrag.

II. Versuch, 2. Ablesungsreihe.

Datum: 1900. Oktober 5.

Beobachter: Heer.

Wetter: ziemlich trübe. — Ort: ebendasselbst.

Nr.	Nivellierter Höhenunterschied	(Ungefäherer Höhenwinkel)	(Ungefähere Länge)	l_2 Lattenable- sung für den Höhen- unterschied	Berechneter Höhenunterschied ($C = 24,9$ s. ob.)	Verbesserung des bestimmten Höhenunterschieds (abger. auf 1 dm)
1)	1,40	+ 4°	21	0,053	1,3	+ 0,1
2)	2,88	+ 4°	41	0,117	2,9	0,0
3)	3,92	+ 4°	51	0,157	3,9	0,0
4)	4,72	+ 4°	63	0,197	4,9	- 0,2
5)	6,17	+ 4°	79	0,247	6,1	+ 0,1
6)	13,47	+ 7°	103	0,54	13,5	0,0
7)	24,35	+ 11°	123	0,97	24,2	+ 0,2
8)	35,87	+ 14°	144	1,44	35,8	+ 0,1

Der durchschnittliche Fehler einer Höhe (Entfernung 20 bis 140 m, Höhenwinkel + 4° bis + 14°) beträgt hier demnach in runder Zahl nur **0,1 m**, ist also recht günstig. Es ist dies die letzte Ablesungs-Versuchsreihe dieses I. Versuchs; mit $C = 24,9$ (statt wie bei I mit $C = 24,8$ und statt wie beabsichtigt = 25,0) berechnet, s. oben. Die Übung im Ablesen (die Ablesung ist noch nicht ganz so bequem, als sie an dem definitiven Instrument wird, vgl. oben) ist hier etwas grösser gewesen als bei I und II, 1.

Schon diese erste Mitteilung an den a. O. glaubte ich mit den Worten schliessen zu dürfen:

Im ganzen wird man — wenn berücksichtigt wird, dass die Messungen mit einem noch verbesserungsfähigen Modell des Instruments gemacht sind — die Ergebnisse dieser Versuchsmessungen für befriedigend in Beziehung auf die Genauigkeit erklären können.

b) Versuchsreihen mit dem ersten Instrument von im wesentlichen endgiltiger Form.

Im Frühjahr 1901 erhielt ich von Fennel das erste Instrument von der in III. zuerst beschriebenen Bauart; doch war auch hier noch nicht die c zu Null machende Linse eingesetzt. Das Instrument ist vom Verfertiger mit Nr. 5190 bezeichnet. C_1 war = 100, $C_2 = 20$ beabsichtigt, aber noch nicht einstellbar, s. oben. Am 10., 11., 13. und 14. Mai 1901 wurden Versuchsmessungen damit gemacht: im Herdweg bei Stuttgart, ferner an der Gäubahn in der Nähe des Herdwegs, endlich von der Plattform des Gebäudes der Technischen Hochschule aus (um grössere Tiefenwinkel zu haben). Vor den ersten Versuchen ist absichtlich eine durchgreifende Rektifikation nach dem Eisenbahntransport unterlassen. Bei den Entfernungen ist auf das Fehlen der anallaktischen Linse Rücksicht genommen.

Die Latte bei allen hier folgenden Versuchen war die Fennel'sche cm-Latte, vgl. Fig. 12.

Bei der ersten Probemessung ergab sich $C_1 = 101,0$ und dementsprechend $C_2 = 20,20$.

Bei der folgenden ersten Reihe sind im Herdweg nach auf- und nach abwärts vom Standpunkt A je vier Pflöcke geschlagen, eingemessen und nivelliert; die direkten Entfernungen sind, weil ziemlich genau gleichmässige Steigung vorhanden war, zunächst schief gemessen und dann erst im ganzen auf den Horizont reduziert. Aus den angegebenen Horizontalabständen und Höhenunterschieden können die ungefähren Höhenwinkel einfach abgelesen werden, so dass ich hier und im folgenden diese Winkel im allgemeinen nicht anschreibe.

1. Reihe.

Datum: 1901. Mai 10.

Beobachter: Haller.

Wetter: gut, hell. — Ort: Herdweg bei Stuttgart.

Punkt Nr.	Mit Latten gemessene Entfernung	Nivell. Höhenunterschied	Entfernungsablesung l_1	Höhenablesung l_2	Berechnete Entfernung	Verbesserung	Berechneter Höhenunterschied	Verbess. auf 1 dm (absolut)
1)	32,53	+ 3,68	0,323	+ 0,186	32,8	— 0,3	+ 3,8	— 0,1
2)	85,67	+ 9,88	0,849	+ 0,501	86,0	— 0,3	+ 10,1	— 0,2
3)	126,80	+ 14,80	1,252	+ 0,750	126,8	0,0	+ 15,0	— 0,2
4)	156,79	+ 18,57	1,551	+ 0,938	157,0	— 0,2	+ 18,9	— 0,3
7)	33,08	— 3,88	0,331	— 0,184	33,5	— 0,4	— 3,7	+ 0,2
8)	58,88	— 7,36	0,588	— 0,356	59,6	— 0,7	— 7,2	+ 0,2
9)	100,58	— 12,36	0,998	— 0,599	101,2	— 0,6	— 12,1	+ 0,3
10)	140,58	— 16,59	1,400	— 0,804	141,5	— 0,9	— 16,3	+ 0,3

Die Ausrechnung der an der Latte abgelesenen Entfernungen und Höhendifferenzen geschah auch hier mit dem gewöhnlichen Taschenrechnerschieber (meist „untere“ Skalen); $C_1 = 101,0$, $C_2 = 20,2$, s. oben. Konstante Fehler treten deutlich hervor. Es ist nochmals zu erwähnen, dass keine durchgreifende Rektifikation des Instruments nach dem Bahntransport und vor dieser ersten Reihe stattfand. Ein Fehler, der sich am Instrument sofort zeigte, ist besonders zu nennen: Zwischen dem Horizontalfaden N und dem Grundkreis G des Diagramms war bei jeder Erhebung oder Senkung des Fernrohrs ein (etwas wechselnder) kleiner Abstand, statt dass Berührung vorhanden gewesen wäre. Die Einstellungen auf die Nullmarke der Latte sind bei dieser 1. Reihe mit dem Horizontalfaden gemacht, nicht mit dem Punkt der Grundkurve.

Der durchschnittliche Fehler einer Höhe ist absolut 0,23 m.

2. Reihe.

Datum wie oben; unmittelbar nachher.

Beobachter: Heer.

Wetter: gut, hell. — Ort: ebendasselbst (dieselben Punkte wie oben).

Punkt Nr.	Richtige Entfernung und Höhendifferenz	l_1	l_2	Berechnete Entfernung	Verbesserung	Berechneter Höhenunterschied	Verbess. auf 1 dm (absolut)
1)		0,323	+ 0,187	32,6	— 0,1	+ 3,8	— 0,1
2)	vgl.	0,853	+ 0,506	86,3	— 0,6	+ 10,2	— 0,3
3)	oben.	1,256	+ 0,755	127,1	— 0,3	+ 15,2	— 0,4
4)		1,554	+ 0,945	157,1	— 0,3	+ 19,1	— 0,5
7)		0,332	— 0,186	33,5	— 0,4	— 3,75	+ 0,1
8)	vgl.	0,588	— 0,357	59,4	— 0,5	— 7,2	+ 0,2
9)	oben.	1,000	— 0,600	102,0	— 0,9	— 12,1	+ 0,2
10)		1,401	— 0,808	141,5	— 0,4	— 16,3	+ 0,3

Auch hier sind die Konstanten $C_1 = 101$, $C_2 = 20,2$ von oben benützt; übrigens zeigen die regelmässigen Fehler abermals, dass diese Konstanten nicht genügend richtig angenommen sind und schärfer hätten bestimmt werden sollen. Im Gegensatz zur 1. Reihe sind hier die Einstellungen auf den Lattennullpunkt nicht mit dem Nullfaden, sondern mit dem Punkt des Grundkreises gemacht.

Die Fehler fallen noch etwas grösser als oben aus; der durchschnittliche Höhenfehler (absolut) liegt nahe bei 0,26 m.

Dass dieser verhältnismässig grosse Fehler nicht im Instrument selbst begründet war, sondern nur in der bisher unterlassenen Justierung, zeigt folgende

3. Reihe.

Standpunkt A wie oben.

Datum: 11. Mai 1901.

Beobachter: Hammer, Haller und Heer.

Wetter: gut. — Ort: Herdweg wie oben. Die Lattenstandpunkte sind wieder genau dieselben wie oben (nur einige weitere).

Das Instrument aber zuvor genau berichtigt; Konstanten dadurch verändert:
 statt $C_1 = 101$, $C_2 = 20,2$ von oben ist hier angenommen: $C_1 = 100,6$,
 $C_2 = 20,15$ im Mittel.

Punkt Nr.	Mit Latten gemessene Entfernung	Nivell. Höhenunterschied	Entfernungsablesung l_1	Höhenablesung l_2	Berechnete Entfernung	Verbesserung auf 1 dm	Berechneter Höhenunterschied	Verbesserung (absolut) in cm
7)	33,08	— 3,88	0,331	— 0,193	33,3	— 0,2	— 3,89	— 1
8)	58,88	— 7,36	0,583	0,363	58,7	+ 0,2	— 7,31	+ 5
9)	100,58	— 12,36	0,997	0,617	100,3	+ 0,3	— 12,43	— 7
10)	140,58	— 16,59	1,396	0,831	140,4	+ 0,2	— 16,74	— 15
10)	140,58	— 16,59	1,396	— 0,829	140,4	+ 0,2	— 16,70	— 11
9)	100,58	— 12,36	0,997	0,612	100,4	+ 0,2	— 12,33	+ 3
8)	58,88	— 7,36	0,587	0,364	59,1	— 0,2	— 7,33	+ 3
7)	33,08	— 3,88	0,331	0,192	33,3	— 0,2	— 3,87	+ 1
1)	32,53	+ 3,68	0,324	+ 0,182	32,6	— 0,1	+ 3,67	+ 1
2)	85,67	+ 9,88	0,850	0,488	85,5	+ 0,2	+ 9,83	+ 5
3)	126,80	+ 14,80	1,258	0,734	126,6	+ 0,2	+ 14,79	+ 1
4)	156,79	+ 18,57	1,553	0,922	156,2	+ 0,6	+ 18,58	— 1
5)	207,96	+ 24,95	2,065	1,235	207,7	+ 0,3	+ 24,88	+ 7
6)	258,29	+ 31,31	2,568	1,555	258,3	0,0	+ 31,33	— 2
6)	258,29	+ 31,31	2,568	1,553	258,3	0,0	+ 31,29	+ 2
5)	207,96	+ 24,95	2,058	1,236	207,0	+ 1,0	+ 24,90	+ 5
4)	156,79	+ 18,57	1,557	0,919	156,6	+ 0,2	+ 18,52	+ 5
3)	126,80	+ 14,80	1,258	0,733	126,5	+ 0,3	+ 14,77	+ 3
2)	85,67	+ 9,88	0,854	0,490	85,8	— 0,1	+ 9,87	+ 1
1)	32,53	+ 3,68	0,323	0,182	32,5	0,0	+ 3,67	+ 1

Die Tabelle, in der bei Entfernungen bis 250 m nur einmal der Entfernungsfehler 1,0 m vorkommt, während der nächstgrosse Fehler in der Entfernung 0,6 m, der abermals folgende 0,3 m ist, zeigt, dass die Entfernungen leicht mit einer Genauigkeit erhalten werden können, die für alle Fälle von T_2 ausreicht, ja z. T. an T_1 heranreicht.

Der durchschnittliche Fehler in den Höhen beträgt, bei Entfernungen bis 250 m und einem Höhen- und Tiefen-Winkel von durchschnittlich rund $+7^\circ$ und -7°

$$\pm 6 \text{ cm,}$$

ein Resultat, das gewiss als sehr günstig bezeichnet werden darf.

4. Reihe.

Immer noch mit denselben Konstanten, $C_1 = 100,6$, $C_2 = 20,14$ sind die folgenden Messungen vom 13. Mai 1901 berechnet. (Instrument am Abend des 11. Mai nach Hause transportiert, am 13. morgens herauf; keine neue Verbesserung.) Hier kommen grosse Höhenwinkel bis 16° vor.

Standpunkt Nr. 13 bei der Gäubahn im Herdweg; Höhe des Standpunkts 320,69 m N. N. Es sind in der Tabelle gleich N. N.-Höhen der Lattenstandpunkte eingesetzt statt der Höhenunterschiede.

Datum: 13. Mai 1901.

Beobachter: Hammer und Haller. — Wetter: gut (Luft wallt etwas).

Punkt Nr.	Entfernung l_1	Höhe l_2	Berechnete Entfernung	Verbesserung	Berechnete Höhe N. N.	Verbess. (absolut) cm	Höhenwinkel ungefähr
12)	1,294 } 1,000 }	- 1,374 } 1,000 }	29,6	- 0,2	312,15	- 8	- 16°
11)	0,654	- 0,369	65,8	- 0,2	313,25	+ 2	- 6°
10)	1,106	- 0,220	111,3	+ 0,7	316,26	- 4	- 2°
9)	1,52	- 0,01 ?	152,9	- 0,4	320,49	- 4	0°
8)	fehlt	+ 0,232	—	—	325,37	+ 8	+ 2°
9)	1,52	- 0,01 ?	152,9	- 0,4	320,49	- 4	0°
10)	1,110	- 0,218	111,7	+ 0,3	316,30	- 8	- 2°
11)	0,653	- 0,371	65,7	- 0,1	313,21	- 6	- 6°
12)	1,294 } 1,000 }	- 1,374 } 1,000 }	29,6	- 0,2	312,15	- 8	- 16°

Standpunkt 13) liegt oben auf dem Damm der Gäubahn. Die ungefähren Tiefenwinkel sind in der letzten Spalte angeschrieben. Beim Punkt 12 war der Nullpunkt der Latte nicht sichtbar, deshalb auf 1,000 „unterer Faden“ eingestellt. Beim Punkt 9) konnte l_2 nur durch Schätzung abgelesen werden, weil der Endpunkt der Strecke l_2 in die Bezeichnung der Nullmarke hineinfiel.

Der durchschnittliche Entfernungsfehler ist 0,4 m.

„ „ „ Fehler in der Höhe „ 6 cm.

Also ebenfalls recht günstig.

7. Reihe.

Um grössere Tiefenwinkel auch bei längern Zielungen zu haben, (— bei den Versuchen der 5. und 6. Reihe sind die Zielungen kurz —) sind noch am 14. Mai 1901 Messungen vom Pfeiler II auf der Plattform am Südende des Flügels der Technischen Hochschule an der Seestrasse angestellt.

Die Oberfläche des Pfeilers liegt 274,90 m über *N. N.* (diese Zahl ist nicht trigonometrisch bestimmt, sondern durch Nivellement durch das Treppenhaus hinauf). Da die Kippaxe des unmittelbar auf den Pfeiler gesetzten Instruments 0,23 m über der Pfeileroberfläche lag, so ist als Höhe des Aufstellungspunkts anzunehmen

$$274,90 + 0,23 - 1,40 = 273,73 \text{ m } N. N.$$

Die Lattenstandpunkte wurden im Stadtgarten in verschiedenen Entfernungen vom Standpunkt aufgesucht; sie sind vom nächsten Höhenfestpunkt aus nivelliert worden mit folgendem Ergebnis:

	<i>N. N.</i> Höhe	Höhendifferenz gegen die Höhe 273,73
<i>A</i>	252,52	— 21,21
<i>B</i>	252,98	— 20,75
<i>C</i>	252,74	— 20,99
<i>D</i>	252,85	— 20,88
<i>E</i>	252,86	— 20,87

Die Entfernungen sind bei diesem Versuch nicht abgelesen, wechseln aber ziemlich stark.

Datum: 1901. Mai 14.

Luft sehr bewegt: Zielung über heisses Zinkdach hinweg.

Beobachter: Haller und Heer.

Es ist auf allen Punkten je 3 mal abgelesen (wobei aber unten jede einzelne Ablesung angegeben ist.)

Zur Rechnung ist $C_2 = 20,15$ benützt wie oben (keine Rektifikation des Instruments zwischen dieser und der letzten Messung). Latte die Fennel'sche, vgl. Fig. 12 S. 35.

Punkt	l_2	Berechneter Höhenunterschied	Verbesserung (absolut) cm.	Höhenwinkel ungefähr
<i>A</i>	— 1,042	— 20,99	+ 22	— 13°
<i>B</i>	1,037	— 20,89	— 14	— 11°
<i>C</i>	1,037	— 20,89	+ 10	— 8°
<i>D</i>	1,042	— 20,99	— 11	— 10°
<i>E</i>	1,039	— 20,93	— 6	— 12°

Punkt	l_2	Berechneter Höhenunterschied	Verbesserung (absolut) cm.	Höhenwinkel ungefähr
<i>A</i>	— 1,043	— 21,01	+ 20	wie oben
<i>B</i>	1,027	20,69	+ 6	
<i>C</i>	1,035	20,85	+ 14	
<i>D</i>	1,044	21,03	— 15	
<i>E</i>	1,044	20,95	— 8	
<i>A</i>	— 1,052	— 21,19	+ 2	wie oben
<i>B</i>	1,032	20,79	— 4	
<i>C</i>	1,038	20,91	+ 8	
<i>D</i>	1,042	20,99	— 11	
<i>E</i>	1,038	20,91	— 4	

Die „äußeren Umstände“ sind als ungünstig zu bezeichnen.

Der mittlere Fehler (hier ist nicht wie oben der durchschnittliche genommen) eines der gemessenen Höhenunterschiede beträgt:

$$\pm 12 \text{ cm.}$$

Auch die Versuche 7) dürfen also im ganzen als günstig bezeichnet werden angesichts der ungünstigen Verhältnisse: „es war oft kaum an der Latte abzulesen wegen zu stark bewegter Luft“. Und dasselbe Urteil werden die Ergebnisse aller Versuchsmessungen b) verdienen.

c) Weitere Versuchsreihe mit dem Instrument Nr. 5190 vom 7. Juni 1901.

Instrument immer noch ohne anallaktische Linse, s. oben; Konstante nicht berichtbar; es ist immer noch $C_1 = 100,6$, $C_2 = 20,15$ oder $20,14$ angenommen, das Instrument in der Zwischenzeit nicht justiert.

Um auch noch von anderer Seite eine Probemessung zu erhalten, habe ich Anfangs Juni 1901 Beamte des K. Statistischen Landesamts Stuttgart zu einer solchen eingeladen; es nahmen teil Vermessungsinspektor Seckler, Vermessungsinspektor Liebler, Topograph Steinbronn und zwei Geometer des Statistischen Landesamts. Hilfslehrer Haller und ich selbst waren nur zur ersten Anleitung und als Zuschauer bei der Messung anwesend.

Die Messung wurde am 7. Juni 1901 auf der Feuerbacher Heide bei Stuttgart von zwei Standpunkten aus (Höhen- und Tiefenwinkel) gemacht; ich gebe die Resultate genau nach der Zusammenstellung an, die mir Inspektor Seckler einige Tage später zur Verfügung stellte.

Es sind zwei Instrumente nebeneinander aufgestellt, der neue Tachymetertheodolit Nr. 5190 und ein kleiner gewöhnlicher Tachymetertheodolit (Nr. 5 des Statistischen Landesamts, mit 1' bis 30" Lesung am Höhenkreis; zusammen mit der Jordan'schen Tachymetertafel gebraucht).

Die Entfernungen von den Standpunkten der zwei Instrumente (nebeneinander) bis zu den Lattenpunkten sind nicht aufeinander reduziert, sondern nach dem unmittelbaren Ergebnis angeschrieben, also nicht vergleichbar; dagegen sind die Höhen der zwei Instrumente aufeinander reduziert und es sollten also die Höhen der einzelnen Lattenstandpunkte von den Standpunkten der zwei verschiedenen Instrumente aus identisch ausfallen. Um Höhenvergleichung sollte es sich allein handeln. Auch für diese Messung ist die Fennel'sche Latte (s. Abb. Fig. 12 S. 35) benützt.

Datum: 1901. Juni 7.

Feuerbacher Heide bei Stuttgart. — Standpunkt Nr. 1). Höhe = 375,5 m *N. N.*

Wetter: günstig. — Höhenwinkel nach den Punkten 2), 3), 4).

Ziel- punkt	Horizontale Entfernung, (s. ob.), nicht vergleichbar		H ö h e n	
	Nr. 5190	Tachymeter 5	Nr. 5190	Tachymeter 5
2)	72,0	71,3	377,4	377,2
3)	118,2	119,7	384,5	384,4
4)	161,2	162,2	393,5	393,6

Standpunkt Nr. 4) (s. oben). Höhe = 393,55 m *N. N.*

Tiefenwinkel nach den Punkten 3), 1), 5), 6) bis 11).

Ziel- punkt	Horizontale Entfernung, (s. ob.), nicht vergleichbar		H ö h e n		
	Nr. 5190	Tachymeter 5	Nr. 5190	Tachymeter 5	
3)	42,0	42,0	384,5	384,4	s. oben.
1)	161,2	161,5	375,6	375,5	s. oben.
5)	138,8	139,0	377,7	377,6	
6)	70,0	72,0	376,2	375,9	
7)	261,0	261,8	373,5	373,5	
8)	225,0	225,6	373,7	373,7	
9)	132,0	133,2	374,3	374,5	
10)	93,0	94,6	375,1	374,9	
11)	94,0	94,7	375,1	375,0	

Bei den Höhen, um deren Vergleichung es sich, wie gesagt, allein handeln sollte und die auch allein unmittelbar vergleichbar sind (s. oben), kommt als Differenz der beiderlei Messungen einmal 0,3 m vor und auch 0,2 m erscheint nur dreimal als Unterschied; in allen andern 8 Fällen bleibt die Differenz < 0,2 m. Auch dieses Resultat ist also wohl als günstig zu bezeichnen.

Ich will zum Schluss aller dieser Versuchsmessungen nicht unterlassen, nochmals darauf hinzuweisen, dass das Instrument Nr. 5190, das zu den Genauigkeitsversuchen b) und c) verwendet wurde, noch nicht der oben gegen den Schluss von Abschnitt III. angegebenen Beschreibung entspricht. Man kann bei ihm noch nicht die Konstanten C_1 und C_2 genau gleich 100 und gleich 20 machen, so dass die Anwendung noch etwas unbequem wäre (wenn auch immer noch bequemer als die des Tachymetertheodolits mit unrunder Multiplikationskonstanten, indem man dort die Horizontaldistanz und den Höhenunterschied nur je einer Zahlen- tafel mit je Einem Eingang zu entnehmen hätte.

Bei den jetzt hergestellten und im Bau begriffenen Instrumenten lässt sich aber mit aller Schärfe und Sicherheit $C_1 = 100$ und damit $C_2 = 20$ machen und erhalten, so dass jede Rechnung irgendwelcher Art, abgesehen von der Verdopplung von l_2 , in der That erspart ist.

Auch war beim Instrument Nr. 5190 das Gesichtsfeld noch nicht ganz gross genug: während für die Entfernungen, bei denen der Abstand der „Fäden“ sich mit zunehmendem Höhenwinkel (absolutem Wert von α) verkleinert, das Fernrohr bis zu $\pm 30^\circ$ Höhenwinkel brauchbar bleibt, versagte es schon bei etwa $\pm 24^\circ$ des Höhenwinkels für den Höhenunterschied. Da der „Fadenabstand“ bei der Höhenkurve sich mit (absolut) wachsendem Wert von α fortwährend vergrössert, so trat schon bei dem angegebenen Höhenwinkel die Höhenkurve aus dem Gesichtsfeld hinaus und l_2 konnte nicht mehr abgelesen werden.

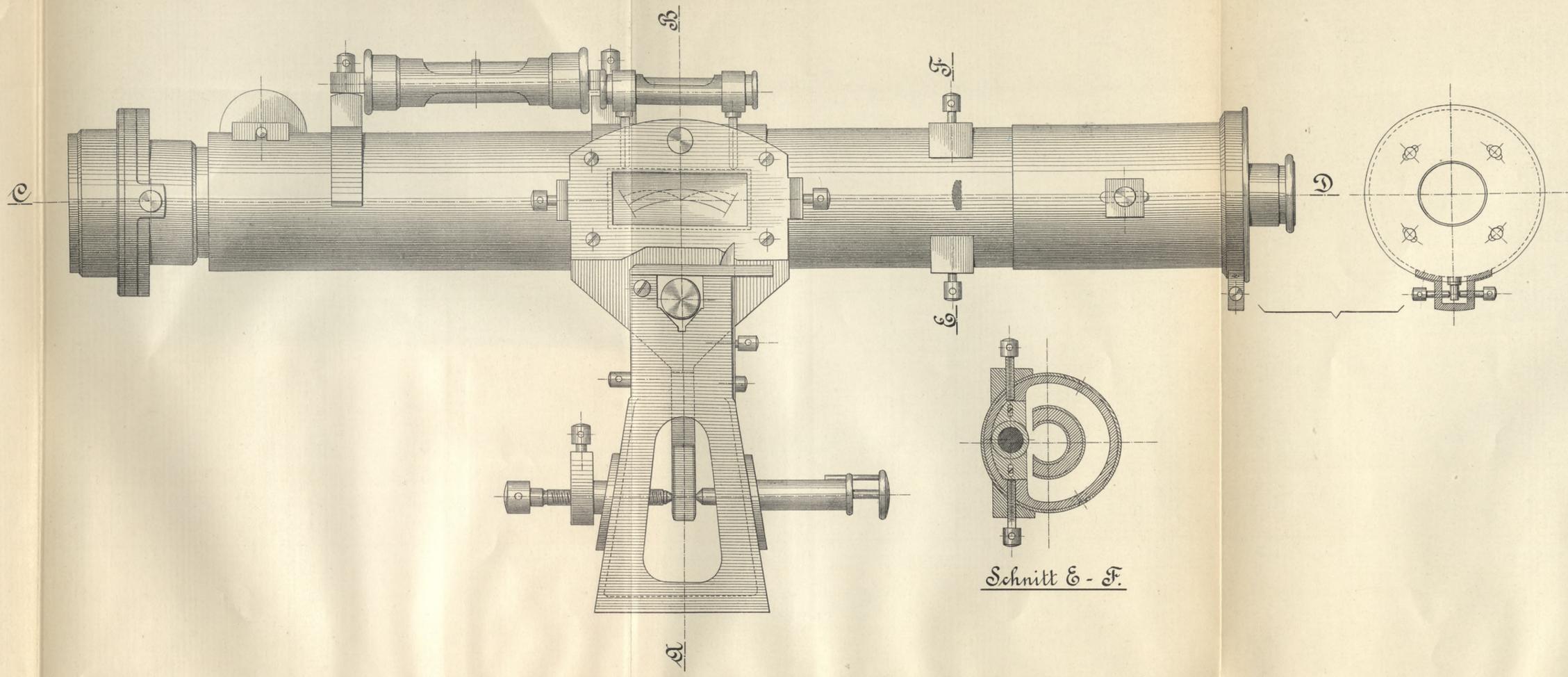
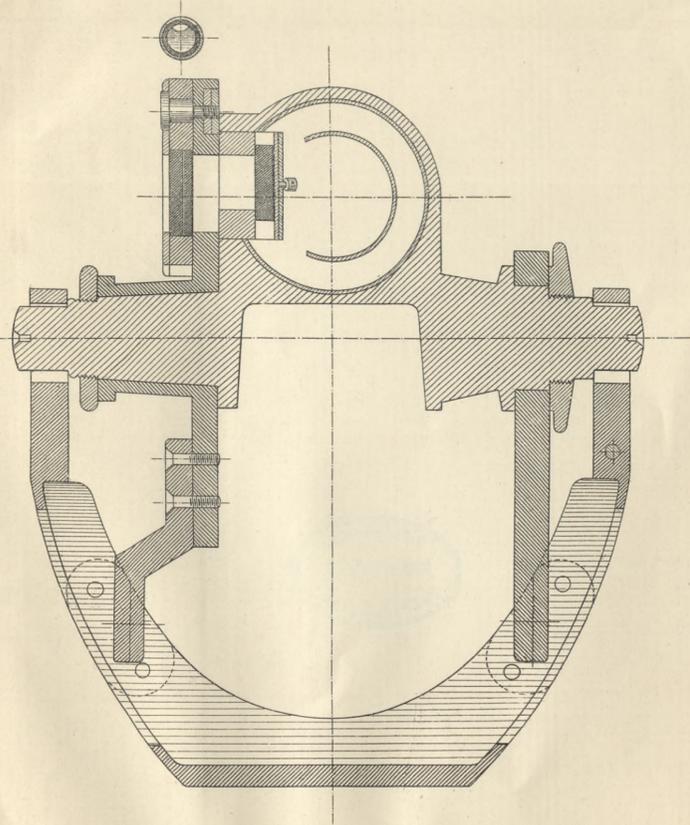
Bei den neuen Instrumenten ist auch dieser Anstand beseitigt und die Höhenablesung l_2 ist bis zu den Höhenwinkeln $\pm 30^\circ$ und $- 30^\circ$ möglich.

Über die Verwendung neuerer Lattenteilungen, wie sie z. B. Fig. 13 und 14 zeigen oder andeuten, im Gebrauch mit dem neuen Tachymeter zusammen fehlt mir noch weitergehende Erfahrung. Ich zweifle aber nicht daran, dass Teilungen, die jenen cm- und $\frac{1}{2}$ dm-Teilungen ähnlich auf Vor- und Rückseite der Latte eingerichtet werden, sich auch hier bewähren.

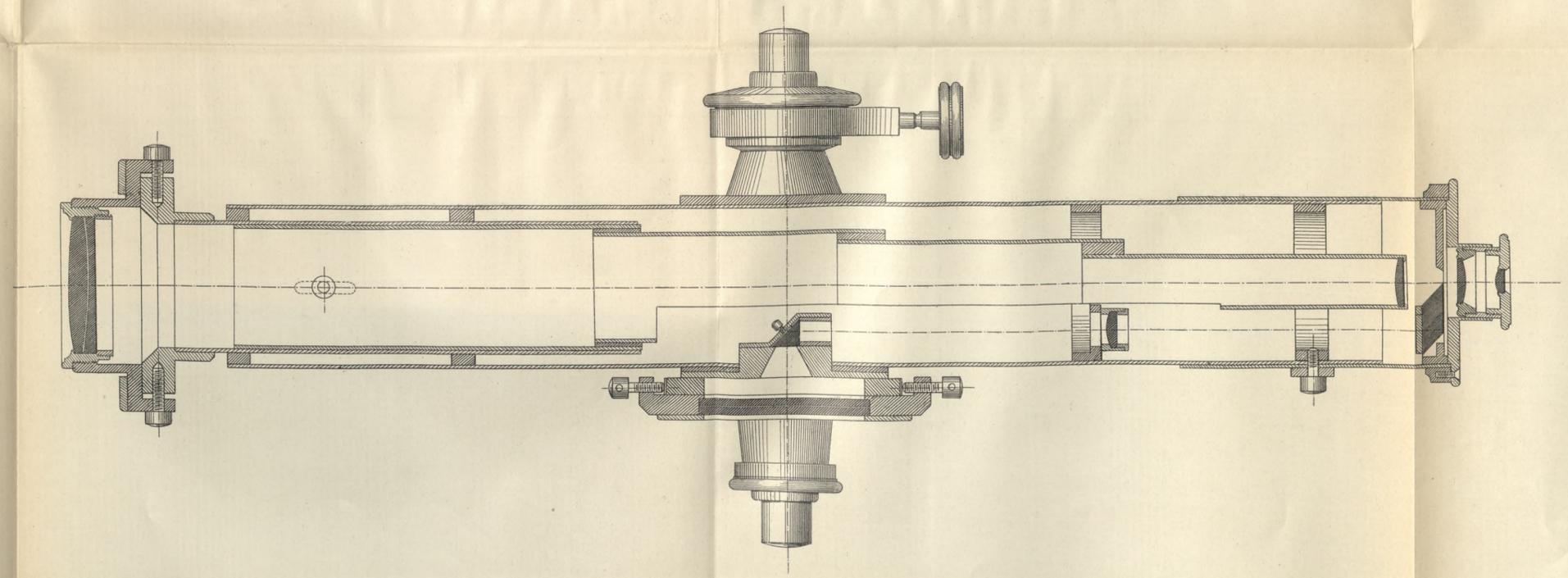
Im ganzen glaube ich schon jetzt sagen zu dürfen, dass das Instrument meinen Erwartungen entspricht. Ich überlasse es nun dem Urteil der praktischen Ingenieure und der Fachgenossen.



Schnitt A - B.

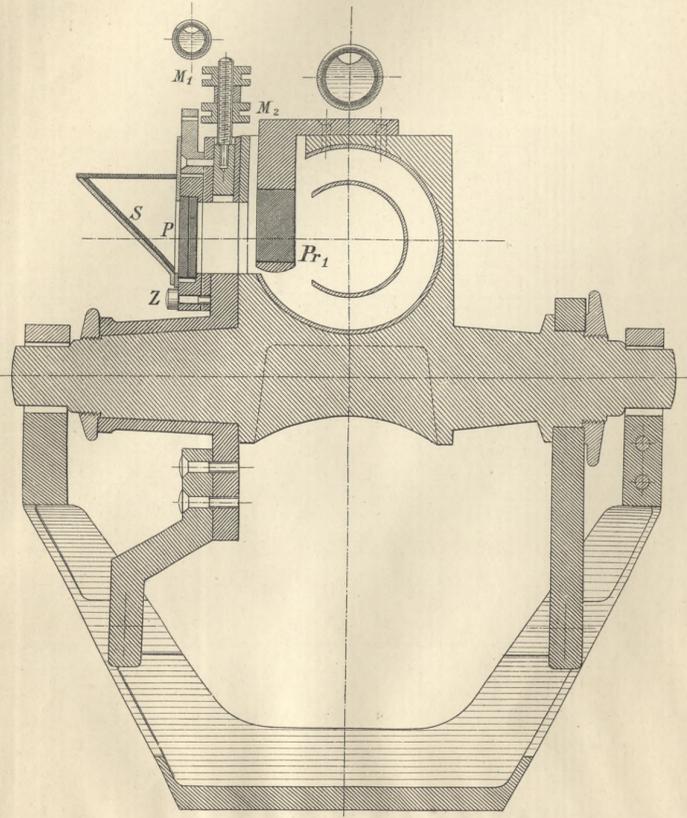


Schnitt E - F.

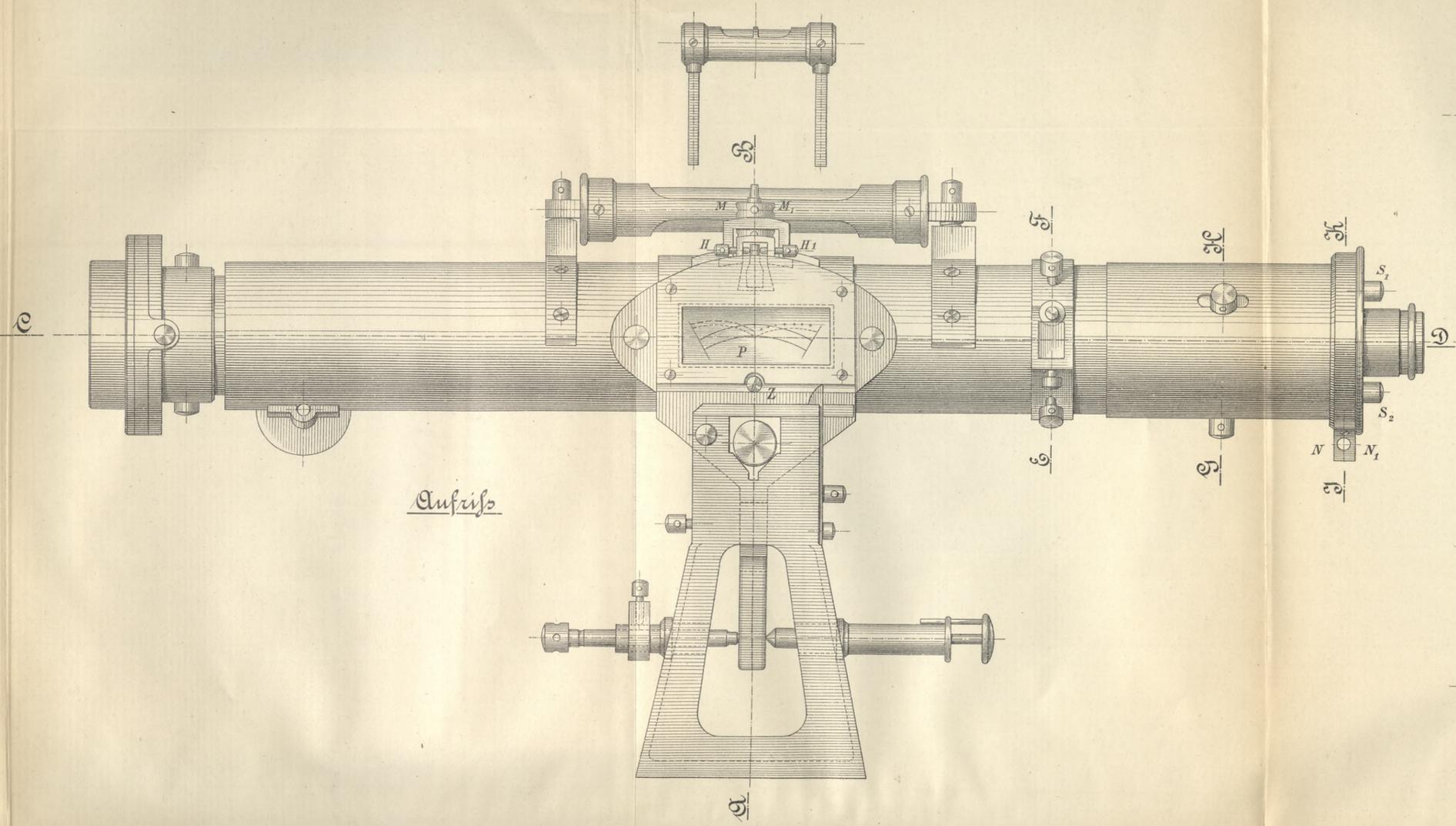


Schnitt C - D.

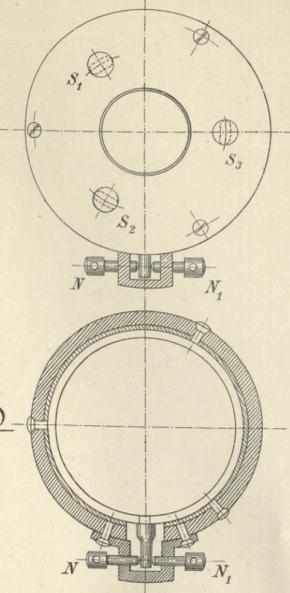




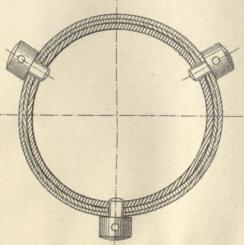
Schnitt A-B.



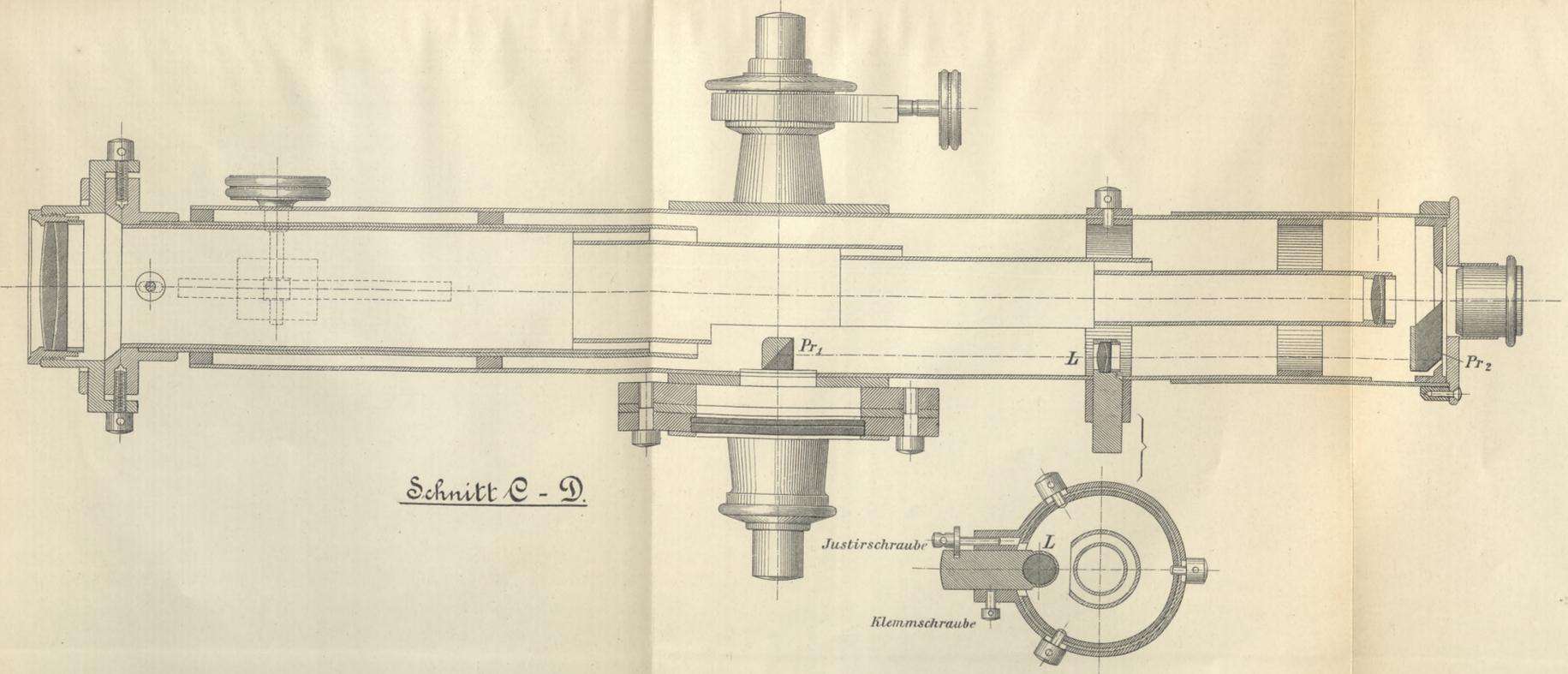
Aufriß



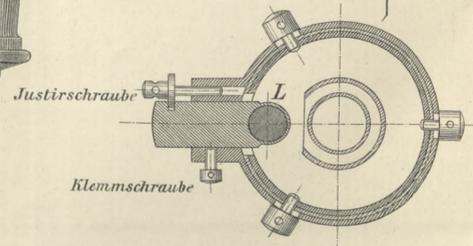
Schnitt I-K.



Schnitt G-H.



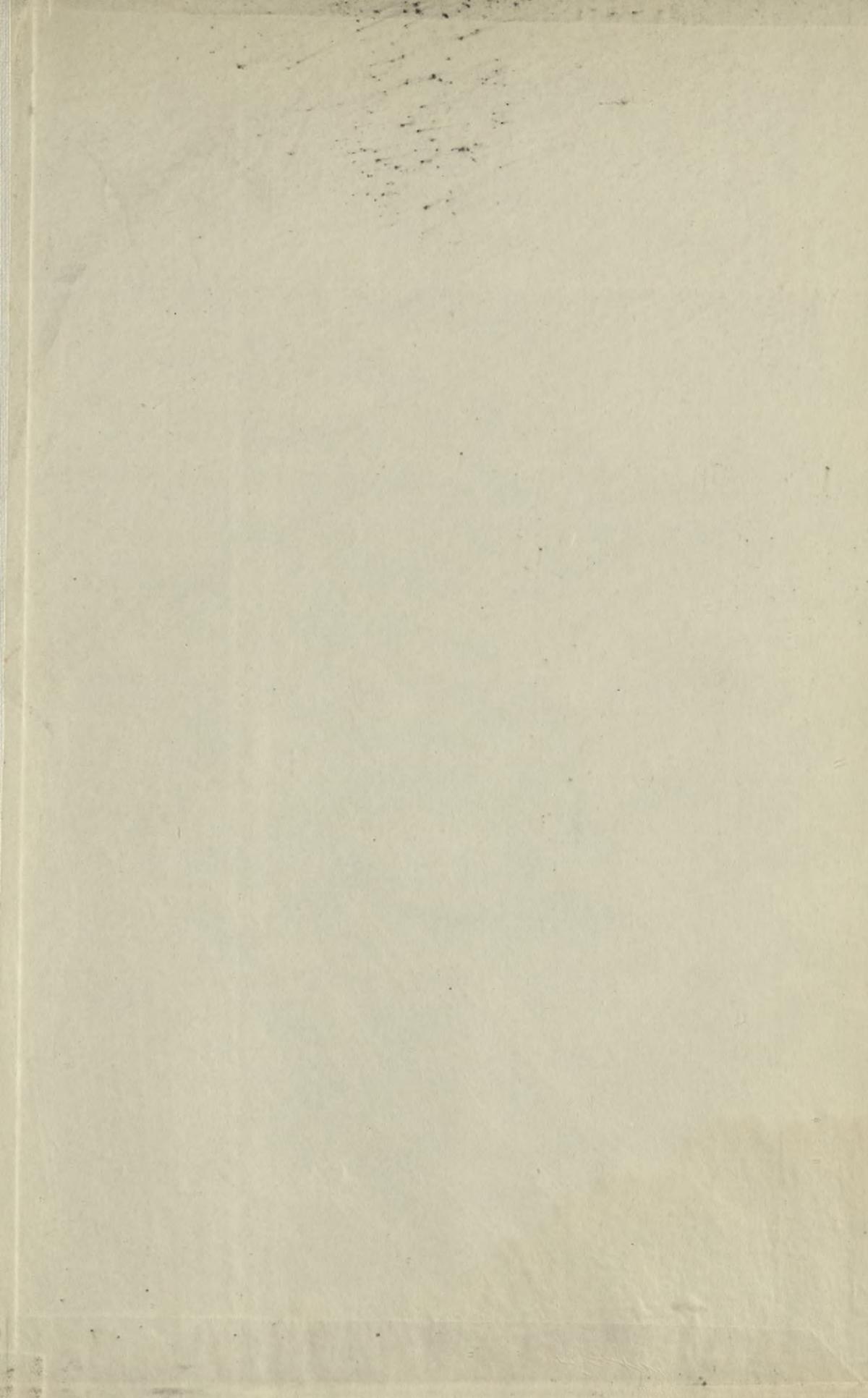
Schnitt C-D.

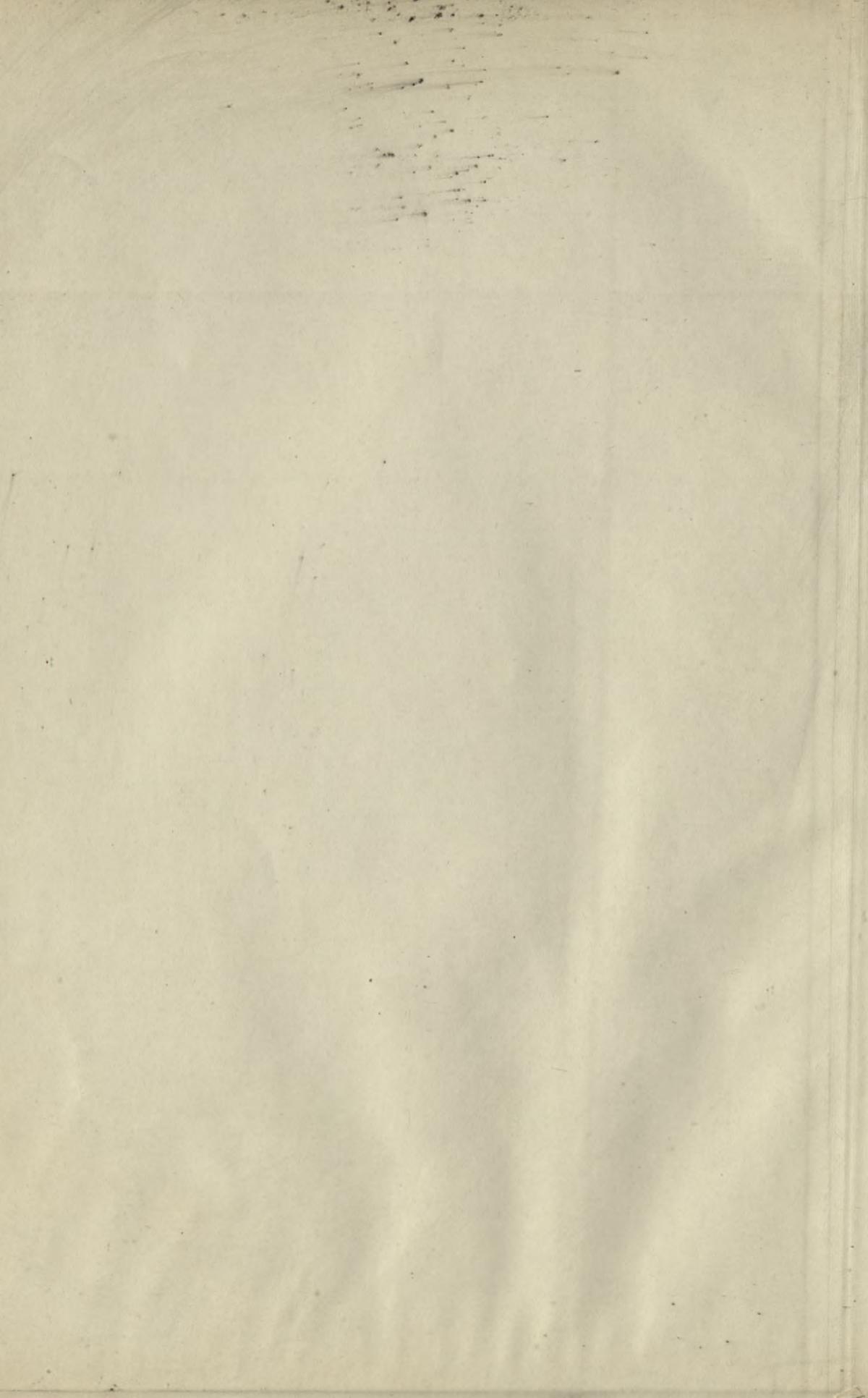


Schnitt E-F.

BIBLIOTEKA
KRAKÓW
Politechniczne

S. 61





WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

33622

Kdn., Czapskich 4 — 678. 1. XII. 52. 10,000

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000305825