

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Vermessungswesen und Kulturtechnik =
Revue technique suisse des mensurations et améliorations foncières

Band: 25 (1927)

Heft: 2

Artikel: Das neue Reduktions-Tachymeter [Fortsetzung]

Autor: Bosshardt, R.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-190190>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 17.11.2024

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

SCHWEIZERISCHE Zeitschrift für Vermessungswesen und Kulturtechnik

ORGAN DES SCHWEIZ. GEOMETERVEREINS

REVUE TECHNIQUE SUISSE DES MENSURATIONS ET AMÉLIORATIONS FONCIÈRES

ORGANE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES GÉOMÈTRES

Redaktion: F. BAESCHLIN, Professor, Zollikon (Zürich)

Ständiger Mitarbeiter für Kulturtechnik: Dr. H. FLUCK, Dipl. Kulturingenieur, Neuchâtel, 9, Passage Pierre qui roule (beurl.). — Collaborateur attitré pour la partie en langue française: CH. ROESGEN, ingénieur-géomètre, Genève, 11, rue de l'Hôtel-de-Ville — Redaktionsschluß: Am 1. jeden Monats.

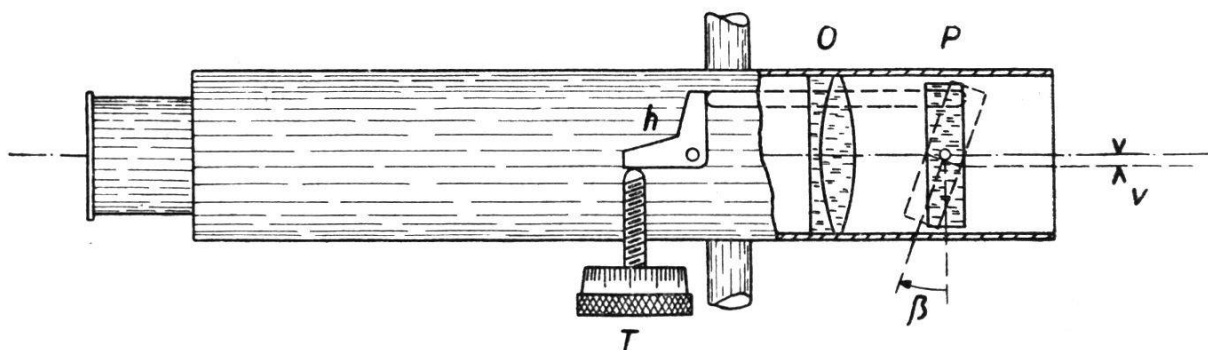
□ Expedition, Inseraten- und Abonnements-Annahme: □
BUCHDRUCKEREI WINTERTHUR VORM. G. BINKERT, WINTERTHUR

Escheinend am 2. Dienstag jeden Monats	No. 2 des XXV. Jahrganges der „Schweiz. Geometerzeitung“.	Abonnemente: Schweiz . . . Fr. 12.— jährlich Ausland . . . „ 15.— „
Inserate: 50 Cts. per 1spaltige Nonp.-Zeile	8. Februar 1927	Unentgeltlich für Mitglieder des Schweiz. Geometervereins

Das neue Reduktions-Tachymeter.

(Fortsetzung.)

Ein Hilfsmittel, das die bloße Schätzung durch eine direkte Ablesung zu ersetzen erlaubt, besitzen wir in der drehbaren planparallelen Platte *P* (Fig. 5), wie sie in ähnlicher Anordnung vom großen Zeiß'schen Nivellierinstrument her bekannt ist. Diese Platte befindet sich vor der oberen Objektivhälfte und ist



Figur 7.

um eine vertikale Achse drehbar. Sie ist in Figur 7 im Horizontalschnitt schematisch dargestellt. Durch einen Hebelmechanismus *h* steht sie mit einer in 25 gleiche Teile geteilten Trommel *T* (siehe auch Fig. 1) in Verbindung. Jede Drehung der Trommel bewirkt eine Drehung der Platte und jede Drehung der Platte eine seitliche, horizontale Parallelverschiebung des auf die obere Objektivhälfte fallenden Strahlenbündels.

Wenn daher eine Distanz zu messen ist, die nicht mit einem ganzen Dezimeter abschließt und deshalb an keinem Noniusstrich Koinzidenz besteht, so kann durch Drehen der Trommel die Koinzidenz künstlich herbeigeführt werden. Die maximale Verschiebung v beträgt 2,5 mm, oder umgerechnet 25 cm der Distanz. Jedes Intervall der Trommel entspricht einem Zentimeter der Distanz. Die Ablesung der letztern erfolgt also so, daß Meter und Dezimeter an der Latte und Zentimeter und eventuell Millimeter an der Trommel abgelesen werden.

Jede Ablesung kann beliebig oft wiederholt und dadurch die Meßgenauigkeit gesteigert werden. Da der Intervallunterschied zwischen Nonius und Hauptteilung 1 mm, die maximale Verschiebungsmöglichkeit jedoch 2,5 mm beträgt, so können stets zwei *Noniusstriche* nacheinander zur *Koinzidenz gebracht werden*, was von Bedeutung ist. Würde nämlich die Verschiebung nur 1 mm betragen, und die Trommel nur in 10 Teile geteilt sein, so daß allerdings stets irgend einer der 10 Noniusstriche zur Koinzidenz gebracht werden könnten, so wäre jedesmal dann, wenn die Trommelablesung nahe bei Null oder 10, d. h. in der Nähe der Trommelanschläge liegen würde, bei Wiederholung der Ablesung eine Beeinflussung des Beobachters unvermeidlich. Man hat also immer die Möglichkeit, denjenigen Strich zur Koinzidenz zu bringen, der nicht in der Nähe der Trommelanschläge liegt.

Die relativ hohe Genauigkeit aller mit Nonien versehenen Instrumente ist nicht zuletzt dem Umstande zu verdanken, daß außer dem zur Koinzidenz gebrachten Noniusstrich auch die beiden benachbarten Striche daraufhin beobachtet werden können, ob ihre Abstände von den entsprechenden Strichen der Hauptteilung genau gleich groß sind. (In Figur 6 muß der Abstand der Noniusstriche 4 und 6 von den darunter befindlichen Strichen der Hauptteilung gleich groß sein.) Jede Abweichung von der genauen Koinzidenz macht sich dadurch bemerkbar, daß zwischen den beiden erwähnten Abständen eine Differenz besteht, welche doppelt so groß ist, wie der Fehler, der beim koinzidierenden Strich gemacht wurde. Diese wertvolle Eigenschaft des Nonius erweist sich auch bei der Distanzmessung als sehr nützlich und der Verfasser hat sich daran gewöhnt, bei der letzten Feinstellung sein Augenmerk

nicht auf den koinzidierenden Strich, sondern auf die beiden benachbarten Striche zu richten.

Kein Material ist den Einflüssen der Temperatur gegenüber vollkommen unempfindlich, auch das optische Glas nicht. Jede Temperaturänderung bewirkt bei diesem eine Aenderung des Brechungsindex, in unserem Falle eine Aenderung des Ablenkungsvermögens der Keile und damit des parallaktischen Winkels. Der Einfluß der Temperatur auf das Objektiv, eine bei Präzisions-Fadendistanzmessern besonders unangenehme Erscheinung, fällt hier außer Betracht, weil das Objektiv an der Erzeugung des parallaktischen Winkels unbeteiligt ist. Die für die Keile verwendeten Gläser und das Material für den Träger der Lattenteilung wurden daher so ausgewählt, daß Temperaturänderungen bei beiden sich stets im gleichen Sinne und in gleichem Maße auswirken. *Die Einflüsse der Temperaturunterschiede, soweit letztere praktisch überhaupt in Frage kommen, sind daher vollständig kompensiert.*

Vom *physikalischen* Standpunkt aus kann somit *der parallaktische Winkel als vollkommen unveränderlich* angesehen werden. Verschiedene Gründe lassen es jedoch *als wünschbar erscheinen, die Konstante innert gewissen Grenzen verändern zu können*, um sie der Meereshöhe anzupassen, auf welcher gearbeitet wird, oder um das Vergrößerungsverhältnis der Projektion zu berücksichtigen. Für die verschiedenen Orte der Schweiz ergeben sich hieraus noch ansehnliche Korrekturen, z. B. für St. Moritz $-2,5$ cm, für Mendrisio $+1,3$ cm pro 100 m usw., Beträge die in der Polygonberechnung zum mindesten als Schönheitsfehler sich auswirken. Damit diese Korrektur nicht durch Rechnung geschehen muß, sondern automatisch erfolgt, ist das Abschlußglas vor den Meßkeilen *K* als ganz schwacher, drehbarer Keil ausgebildet. Durch die Drehung desselben erfolgt eine gewisse zusätzliche Ablenkung zur Ablenkung der Meßkeile, d. h. eine Veränderung des parallaktischen Winkels, die der anzubringenden Korrektur genau entspricht.

Die Beobachtung mit einem Instrument der beschriebenen Art ist von solcher Feinheit, daß dabei auch *Einflüsse physiologischer Natur* sich bemerkbar machen, die ihrer Kleinheit wegen bei gewöhnlicher Distanzmessung ganz unbekannt sind.

Das Bemerkenswerte dabei ist, daß Art und Größe dieser Einwirkungen auf die Distanzmessung für verschiedene Personen verschieden sein können, weshalb man sie als *persönliche Fehler* bezeichnet.

Dem Verfasser sind bei den bisherigen gelegentlichen, nicht etwa systematischen Messungen mit verschiedenen Personen zwei Arten von persönlichen Fehlern aufgefallen, solche die auf die Additions- und solche die auf die Multiplikationskonstante wirken. Besonders die letzteren, die übrigens auch an anderen, nicht geodätischen Doppelbild-Instrumenten angetroffen werden, können sehr große Beträge annehmen, bis zu 20 cm auf 100 m Entfernung und darüber. Es ist der geodätischen Abteilung des Zeißwerkes gelungen, diese großen persönlichen Fehler — ich möchte sie die primären nennen —, nahezu vollständig zu eliminieren und damit die Doppelbildtachymetrie einen bedeutenden Schritt vorwärts zu bringen. Die Tatsache, daß die persönlichen Fehler für den gleichen Beobachter stets im gleichen Sinne auftreten, beweist, daß ihre Ursache in der optischen Unvollkommenheit des Auges zu suchen ist. Ich kann es nicht behaupten, aber die Versuche anderer mit andern Doppelbild-Instrumenten scheinen es zu bestätigen, daß der primäre persönliche Fehler auch periodischen Veränderungen unterworfen ist, was übrigens mit Rücksicht auf seine Größe und die Veränderlichkeit der Augenoptik durchaus im Bereiche der Möglichkeit liegt. Schon aus diesem Grunde muß die Beseitigung der großen, primären persönlichen Fehler erstrebt werden, weil sonst von einer einigermaßen sicheren Erhaltung der Distanzmesserkonstanten keine Rede sein könnte.

Außer diesen großen Fehlern sind auch noch kleinere, sekundäre persönliche Fehler vorhanden, die infolge der äußerst feinen Meßvorrichtung sich bemerkbar machen können. Neben einem angularen Restfehler von $\pm 1/10000$ bis $1/5000$ der Entfernung der sich bei abnormen Augen bemerkbar machen kann, sind es hier besonders die additiven Fehler, die uns interessieren und die nach meinen bisherigen Erfahrungen den Wert von $\pm 1-1,5$ cm erreichen können. Es gibt demnach Beobachter, die stets um eine bestimmte lineare Größe unrichtig koinzidieren und zwar im gleichen Sinne oder, wenn sie auf die beiden der Koinzidenzstelle benachbarten Noniusstriche

beobachten, ihre Abstände von den darunter befindlichen Strichen der Hauptteilung ungleich einschätzen. Diese Beobachter messen also die Distanzen stets um den gleichen absoluten Betrag zu groß oder zu klein. So viel ich bis jetzt bemerken konnte, scheint sich dieser systematische Fehler erst bei Entfernungen von etwa 25—40 m an einzustellen.

Auffallend ist auch die Tatsache, daß die gleichen Beobachter ungleich einstellen, je nachdem bei der Koinzidenzeinstellung die Heranführung des Noniusstriches von links oder von rechts geschieht, d. h. wenn die Drehung der Trommel im ungleichen Sinne erfolgt. Ein toter Gang im Trommelmechanismus kann nicht in Frage kommen. Daraus geht hervor, daß die Trommeldrehung stets im gleichen Sinne vorgenommen werden soll, was eigentlich selbstverständlich ist.

Diese sekundären persönlichen Fehler sind schon häufig Gegenstand eingehender Untersuchungen gewesen. Jedem Geometer, der schon an Theodoliten mit Schraubenmikroskopen gearbeitet hat, werden sie schon aufgefallen sein, indem zwei verschiedene Beobachter den Doppelfaden ungleich einstellen und zwar immer im gleichen Sinne. Ihre Untersuchung ist deshalb nicht so einfach, weil ihre Größe nahezu mit der Beobachtungsgenauigkeit des menschlichen Auges überhaupt zusammenfällt. Die Einstellgenauigkeit zweier Striche ist von *Hering* u. a. für das unbewaffnete Auge auf im Mittel zu ± 10 Sekunden, für sehr geübte Beobachter sogar auf ± 2 Sekunden festgestellt worden. Zählen wir die Vermessungsfachleute zu den geübteren Beobachtern und nehmen 5 Sekunden an, so ergäbe sich für ein 25fach vergrößerndes Fernrohr und eine Entfernung von 100 m eine Einstellgenauigkeit an der Latte von $\pm \frac{1}{10}$ mm, bzw. eine Genauigkeit der Distanzmessung von ± 1 cm. Man sieht, daß die sekundären persönlichen Fehler diese für das unbewaffnete Auge errechnete Meßgenauigkeit nur wenig übersteigen können.

Die Frage ist nun die, wie man diese sekundären persönlichen Fehler, sofern sie vorhanden sind, automatisch beseitigt. Auch dafür ist am neuen Tachymeter gesorgt und zwar kann der additive Fehler durch Verdrehen der Trommelteilung gegenüber dem Index, und der angulare Fehler durch Verdrehen des Abschlußglases vor den Drehkeilen eliminiert werden (siehe

Justierung). Ob diese kleinen Fehler auch periodischen Veränderungen unterworfen sind, scheint mir nicht wahrscheinlich zu sein.

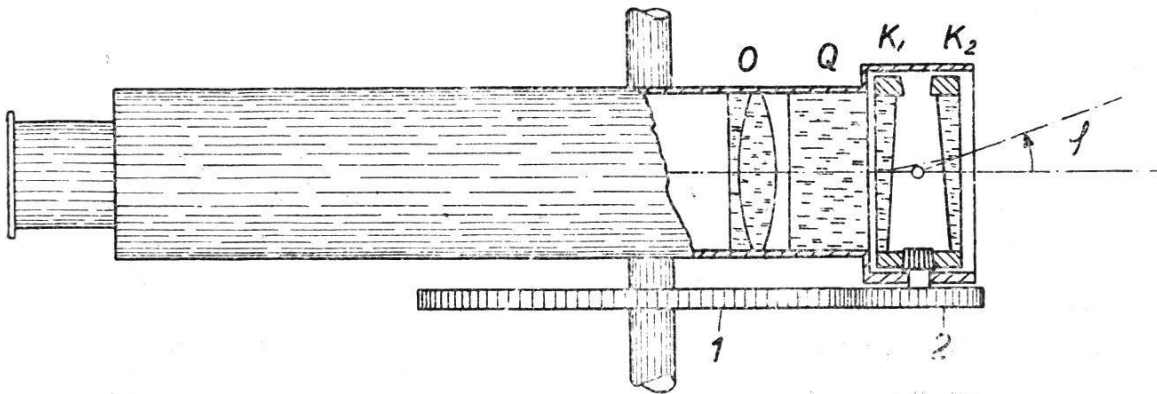
Ich habe diese Frage des persönlichen Fehlers, die mit der allgemeinen Einführung der Doppelbild-Tachymetrie in die Vermessungspraxis zweifellos noch eine Rolle spielen wird, deshalb etwas eingehender behandelt, weil in einer der letzten Nummern dieser Zeitschrift Herr Grundbuchgeometer Aregger in Aarau die Behauptung aufstellt, daß alle Doppelbilddistanzmesser, die, wie der vorliegende, für die Bilderzeugung je die Hälfte des Objektivs benutzen, „unbedingt“ einen persönlichen Fehler von $\pm 2-4$ Sekunden aufweisen müssen, was einem Fehler von $\pm 10-20$ cm auf 100 m Entfernung gleichkäme. Er begründet diese Behauptung mit dem sekundären Spektrum, das alle halbierten, gewöhnlichen Objektive aufweisen, und das sich längs den horizontalen Konturen bemerkbar macht. Diese Bemerkung Areggers sagt nichts Neues. Sie hat nur den einen Fehler, daß sie verschweigt, daß das sekundäre Spektrum sich dort nicht bemerkbar macht, wo es darauf ankommt, nämlich längs den vertikalen Konturen, d. h. den Strichen der Teilung. Daß die Behauptung Areggers unrichtig ist, geht schon daraus hervor, daß das neue Tachymeter, trotzdem es auf die Beseitigung des sekundären Spektrums verzichtet, den primären persönlichen Fehler nicht aufweist.

Wenden wir uns nochmals rückwärts zu den am Anfang dieses Abschnittes aufgestellten Forderungen, so sehen wir, daß die Forderungen 1—6 vollständig erfüllt sind und zwar Forderung 2 ohne weiteres durch die Verwendung von Doppelbildern, Forderungen 5 und 6 durch die Verwendung der Planparallelplatte, bzw. durch die Verwendung zweier Noniusstriche nach Belieben. Forderung 7 soll im folgenden Abschnitt behandelt werden.

b) *Die automatische Reduktion.*

Die meisten bekannten Vorrichtungen zur automatischen Reduktion der Distanz gehen darauf aus, den parallaktischen Winkel zu verändern und zwar so, daß an der Latte unmittelbar die Horizontalentfernung abgelesen werden kann. Bei dem vorliegenden Tachymeter erfolgt die Reduktion durch die gleichen optischen Mittel, die den parallaktischen Winkel

erzeugen, nämlich durch die Keile K_1 und K_2 . Diese dürfen daher nicht fest angeordnet, sondern müssen beweglich sein.



Figur 8.

Sie sind kreisförmig und als sogenannte Drehkeile ausgebildet. Figur 8 stellt einen schematischen Horizontalschnitt des Fernrohres mit den Keilen dar. Sind die Keile K_1 und K_2 gleichgerichtet und ihre Hauptschnitte horizontal, wie angedeutet, so erreicht die Ablenkung ein Maximum = 63.6 Minuten. In dieser Stellung befinden sich die Keile bei horizontal gerichtetem Fernrohr, d. h. beim Messen einer genau horizontalen Linie. Werden die Keile entgegengesetzt um je einen rechten Winkel um ihre Achse gedreht, so daß sich die Kante des einen Keiles oben, diejenige des andern Keiles unten befindet, so ist die Ablenkung gleich Null, denn die beiden gleich starken Keile ergänzen sich zu einer planparallelen Platte. Daraus geht hervor, daß der Winkel alle Werte von Null bis 63.6 Minuten annehmen kann, je nach der Größe der Drehung der Keile.

Die bei der Drehung der Keile sich abspielenden Vorgänge lassen sich an Hand der Figur 9 leicht verstehen. Man denke sich vorläufig nur den Keil K_1 vorhanden, welcher die Ablenkung $OQA = \frac{\varphi}{2}$ bewirkt. Bei der Drehung dieses Keiles erzeugt der

abgelenkte Strahl QA einen Kegelmantel, mit dem Grundkreis $AA'D'$, den man sich in der Figur in die Papierebene umgelegt denken muß. Blickt man bei der Drehung des Keiles K_1 in das Fernrohr, so werden im Schnittpunkt des Fadenkreuzes nacheinander alle Objektpunkte erscheinen, die auf dem genannten Grundkreis liegen. Wird der Keil um den Winkel $-\epsilon$ gedreht, so wird man im Fadenschnittpunkt den Punkt A' erblicken. Die Ablenkung $OA' = r$ kann in eine Horizontal-

komponente OA'' und in eine Vertikalkomponente $A'A''$ zerlegt werden.

Bringt man bei dieser Stellung des Keiles K_1 vor diesem den Keil K_2 an und zwar so, daß sein Hauptschnitt horizontal liegt, so wird man im Fernrohr statt des Punktes A' den Punkt B erblicken, einen Punkt, der um die Strecke r horizontal seitwärts von A' liegt, denn $r = \frac{\varphi}{2}$. Wenn jetzt der Keil K_2

seinerseits um den Winkel $+\varepsilon$ gedreht wird, also entgegengesetzt zum Keil K_1 , so muß im Fernrohr der Punkt B' erscheinen. Dieser Punkt liegt wieder auf der Horizontalen OC , die Vertikalkomponente $A'A''$ ist somit eliminiert worden. Gleichzeitig hat aber auch der parallaktische Winkel $\varphi = \sphericalangle OQC$ eine Reduktion um Cosinus ε erfahren.

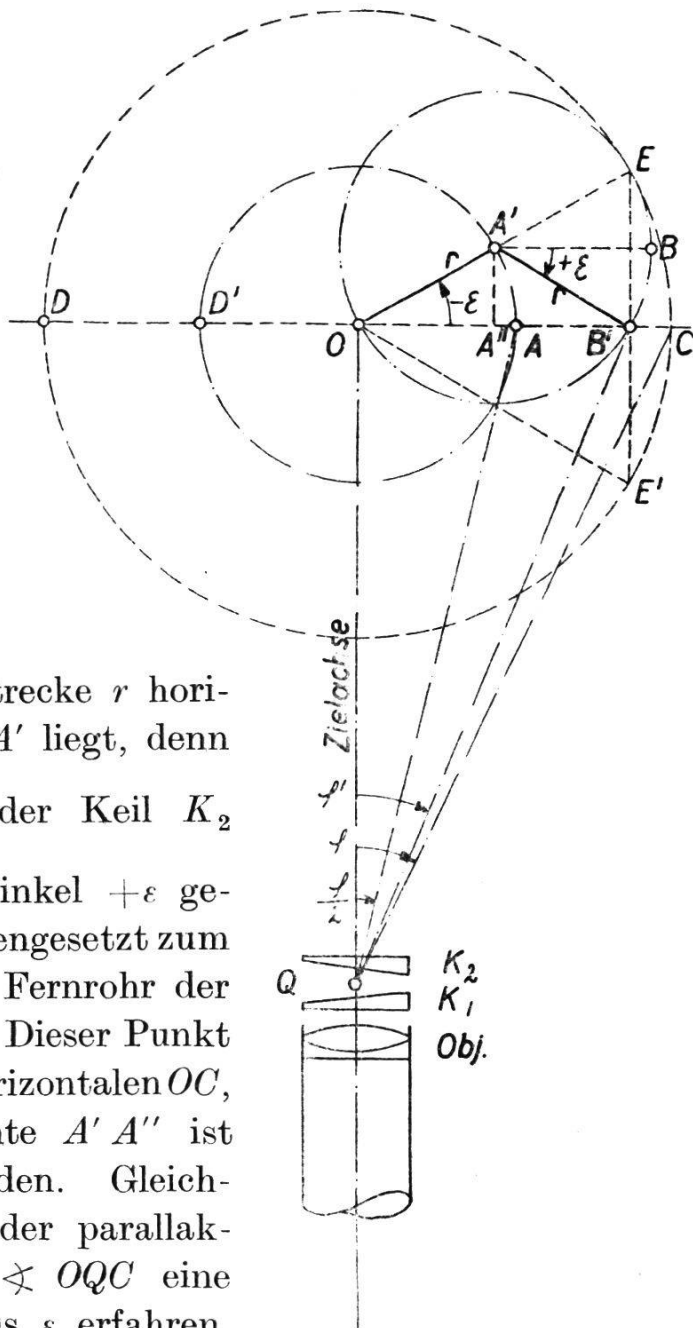
Denn es ist

$$OB' = \text{arc } \varphi' = OE \cos \varepsilon = OC \cos \varepsilon \quad \text{oder}$$

$$\underline{\varphi' = \varphi \cos \varepsilon.}$$

Das gleiche Ergebnis kann man auch rechnerisch erhalten.

Die an Hand der Figur 9 gegebene Erklärung hat selbstverständlich nur Gültigkeit unter der Voraussetzung, daß der Winkel φ klein ist, was im vorliegenden Falle mit genügender Näherung zutrifft. Die Formel $\varphi' = \varphi \cos \varepsilon$ ist dagegen streng richtig. *Drehkeile haben somit die wichtigen Eigenschaften, 1. keine Ablenkung nach der Höhe zu erzeugen, da jeder Keil die*



Figur 9.

bezügliche Ablenkung des andern aufhebt, 2. den Totalablenkungswinkel mit dem Cosinus des Drehungswinkels zu reduzieren.

Denkt man sich im Punkte O die Horizontallatte aufgehoben, so bedeutet OC den Lattenschnitt, wenn sich die Keile in der Ausgangsstellung befinden. Werden die Keile um ε gedreht, so erscheint als Lattenabschnitt die Strecke OB' , welche gleich ist der Ausgangsstrecke OC , reduziert mit $\cos \varepsilon$.

Zieht man daraus die Nutzenanwendung, so erkennt man, daß die Keile genau um den Elevationswinkel des Fernrohres in einander entgegengesetzter Richtung gedreht werden müssen, damit an der Latte der reduzierte Abschnitt, d. h. die Horizontalentfernung abgelesen werden kann. Die Drehung der Keile erfolgt vollkommen automatisch mit der Kippung des Fernrohres. Die Uebertragung der Kippbewegung auf die Keile geschieht mittels Zahnrädern (siehe Fig. 5 und 8). Das Zahnrad 1, das auf der Horizontaldrehachse des Fernrohres sitzt und mit der Kollimationslibelle des Höhenkreises in Verbindung steht, bleibt bei der Kippung fest, so daß sich das Zahnrad 2 auf ihm abwälzen und die Drehkeile in Bewegung setzen kann. Letztere laufen auf Kugellagern, die von den Zahnrädern zu übertragende Kraft ist daher äußerst gering. Von einer Abnutzung kann keine Rede sein und wenn eine solche auch eintreten würde, so wäre sie deshalb nicht gefährlich, weil der ohnehin nicht zu vermeidende tote Gang der Zahnräder durch schwache, auf die Endglieder wirkende Federn aufgehoben wird. Es ist einleuchtend, daß die Zahnräder sehr genau geteilt und zentriert werden müssen, damit die Vorrichtung fehlerlos arbeitet. Beides ist der Firma Zeiß gut gelungen. Da der Cosinus für kleine Winkel sehr unempfindlich ist, so könnte sich übrigens eine kleine Ungenauigkeit nur bei großen Höhenwinkeln bemerkbar machen, in Gebieten also, die ohnehin an die Genauigkeit der Vermessung weniger hohe Anforderungen stellen. Die Zahnräder sind gegen Eindringen von Staub und Wasser durch Verschaltungen vollständig geschützt.

Nach dem Gesagten ist erklärlich, daß nur die Strecke zwischen der Horizontallatte und dem Scheitelpunkt des parallaktischen Winkels, welcher zwischen den beiden Keilen liegt, automatisch reduziert werden kann, die schon erwähnte Additionskonstante von 88 mm zwischen Scheitelpunkt und

Horizontaldrehachse dagegen nicht. Geneigte Strecken werden infolgedessen stets etwas zu groß abgelesen und zwar beträgt der Fehler:

bei einem positiven Höhenwinkel von 36 Grad = 1 cm
» » negativen » » 15 » = 1 cm
» » » » 25 » = 2 cm usw.

Der Fehler ist für positive und negative Höhenwinkel deshalb ungleich, weil die Drehkeile um zirka 22 mm von der Fernrohrachse nach unten versetzt sind. Da er nur abhängig von der Fernrohrneigung, nicht auch von der Größe der Entfernung ist, so ist auf der Höhenkreisseite bei T_1 (Fig. 1) eine Teilung angebracht, an welcher der Fehler direkt in Zentimeter abgelesen werden kann. Er ist so klein, daß man ihn im allgemeinen in der Praxis, außer etwa bei der Justierung oder bei sehr feinen Messungen in steilen Gebieten, gar nicht zu berücksichtigen braucht. Bei Polygonseiten, die stets beidseitig beobachtet und gemittelt werden, erreicht der Fehler für das gemittelte Resultat erst bei Neigungen von 25 Grad einen ganzen Zentimeter.

Der Meßvorgang erfolgt genau in der schon vorher beschriebenen Art und Weise. *Vor der Ablesung ist die Kollimationslibelle zum Einspielen zu bringen*, ansonst ein Meßfehler entsteht, entsprechend dem gemachten Höhenwinkelfehler. Da das Zahnrad 1 in Figur 8 mit der Kollimationslibelle gekuppelt ist, so bewirkt eine Drehung der Höhenkreis-Mikrometerschraube auch eine Drehung des Zahnrades und damit der Meßkeile. Es ist somit möglich, die Keile mit Hilfe der Kollimationslibelle jederzeit zu kontrollieren und in meßgerechte Lage zu bringen.

c) *Die Genauigkeit des Distanzmessers.*

Es kann nicht Aufgabe dieser Beschreibung sein, auch noch eine eingehende Genauigkeitsuntersuchung anzustellen. Ich müßte die Beschreibung jedoch als unvollständig betrachten, wenn nicht in Kürze auch über die Genauigkeit des neuen Distanzmessers einiges gesagt würde. Ich möchte die Untersuchung einteilen in eine solche, 1. über die innere Genauigkeit, 2. über die äußere Genauigkeit.

Unter innerer Genauigkeit ist verstanden die Genauigkeit, mit welcher eine Distanz abgelesen werden kann. Sie wird rein

Messungen auf ebener Strecke.

(Mit Instrument No. 18 618, 27. Juli 1926.)

Beobachtete Strecken <i>s</i>		<i>v</i> m/m	[<i>v</i> ²]	$p = \frac{1}{s}$	<i>p</i> [<i>v</i> ²]	Gemessene Strecken m	Differenz <i>b</i> — <i>a</i> = <i>d</i>		<i>p</i> <i>d</i> ²
Ableseung m	Mittel m						<i>d</i>		
							+	—	
							m/m	m/m	
41,481	41,481	0	14	2,4	34	41,478		3	22
482		1							
478		3							
483		2							
51,538	51,534	4	34	1,9	65	51,538	4		30
535		1							
533		1							
530		4							
61,943	61,945	2	26	1,6	42	61,942		3	14
943		2							
948		3							
948		3							
73,140	73,139	1	54	1,4	75	73,141	2		6
140		1							
133		6							
143		4							
85,020	85,028	8	169	1,2	203	85,029	1		1
026		2							
038		10							
027		1							
91,370	91,369	1	7	1,1	8	91,374	5		28
370		1							
367		2							
370		1							
96,994	96,990	4	45	1,0	45	96,992	2		4
993		3							
988		2							
986		4							
118,701	118,695	6	189	0,9	170	118,686		9	72
687		8							
690		5							
703		8							
129,666	129,660	6	74	0,8	59	129,675	15		180
659		1							
654		6			701				357
659		1							

$$m = \sqrt{\frac{701}{3 \times 8}} = 5,5 \text{ mm}, \quad m = \sqrt{\frac{357}{9}} = 6,3 \text{ mm.}$$

aus Beobachtungsdifferenzen ermittelt. Die äußere Genauigkeit ist abhängig von einer Reihe von Einflüssen, an denen der Distanzmesser als solcher unbeteiligt ist. Darunter sind zu nennen: das Zentrieren des Instrumentes und der Standlatte, die Vertikalstellung der letzteren, das Ausrichten der Horizontallatte genau senkrecht zur Visur, bzw. symmetrische Lage des Lattenabschnittes zur Standlatte, Teilungsfehler der Latte und des Nonius, Zustand der Luft etc.

Zur Untersuchung der Genauigkeit wurde in einer Geraden auf ebener Straße mittels auf dem Komperator abgeglichenen Latten eine Reihe von Strecken gemessen und die gemessenen Resultate den beobachteten gegenübergestellt. In beiden Fällen wurde die Annahme gemacht, daß die Fehlerfortpflanzung proportional der Wurzel aus der Distanz sei, die Gewichte demgemäß umgekehrt proportional der Entfernung. Die gemessenen Längen wurden als fehlerfrei, die Differenzen $b-a$ somit als wahre Fehler betrachtet.

Es ergibt sich somit als mittlerer Fehler einer einmal gemessenen Strecke von 100 m Länge

als innere Genauigkeit	$m = 5,5$ mm
» äußere »	$m = 6,3$ mm

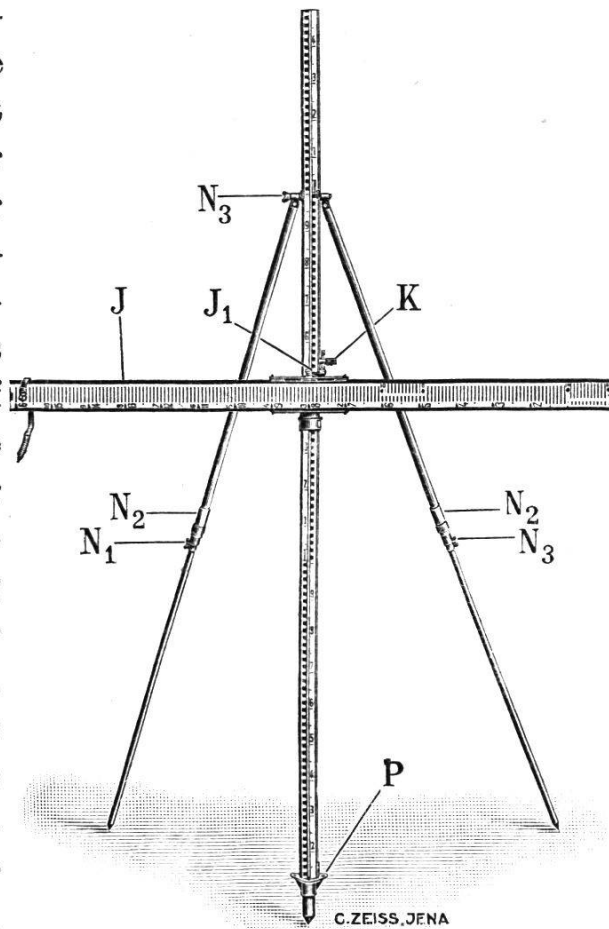
Die Luftverhältnisse waren bei der Messung sehr günstig. Eine Untersuchung der Reduktionsvorrichtung hat ergeben, daß diese selbst für die größten Höhenwinkel praktisch fehlerlos arbeitet. Diese Genauigkeitsuntersuchung zeigt, daß bei günstiger Luft und bei exakter Justierung des Distanzmessers hinsichtlich der sekundären persönlichen Fehler es möglich ist, eine Genauigkeit zu erzielen, die nahezu an das schon erwähnte Maximum der Hering'schen Schärfe der Breitenwahrnehmung heranreicht.

III. Die Lattenvorrichtung.

Es ist klar, daß wegen der großen Zahl von Punkten, die bei Grundbuchvermessungen aufgenommen werden müssen, die Durchbildung der Lattenvorrichtung und deren Handhabung für den Arbeitsfortschritt von größter Bedeutung sind. Die Latte muß daher rasch aufgestellt sein und Sichthindernissen soll leicht ausgewichen werden können. Stative, wie sie z. B. in der Photogrammetrie und anderwärts als Lattenträger angewendet werden, eignen sich für die Zwecke der Grundbuch-

vermessung nicht, oder höchstens in Städten, wo nur das Polygon optisch gemessen wird.

Die für die Grundbuchvermessung konstruierte Lattenvorrichtung besteht zur Hauptsache aus einer vertikalen Stand- und einer horizontalen Meßlatte (Figuren 10—12). Die Standlatte ist hergestellt aus einem Metallrohr, das auf

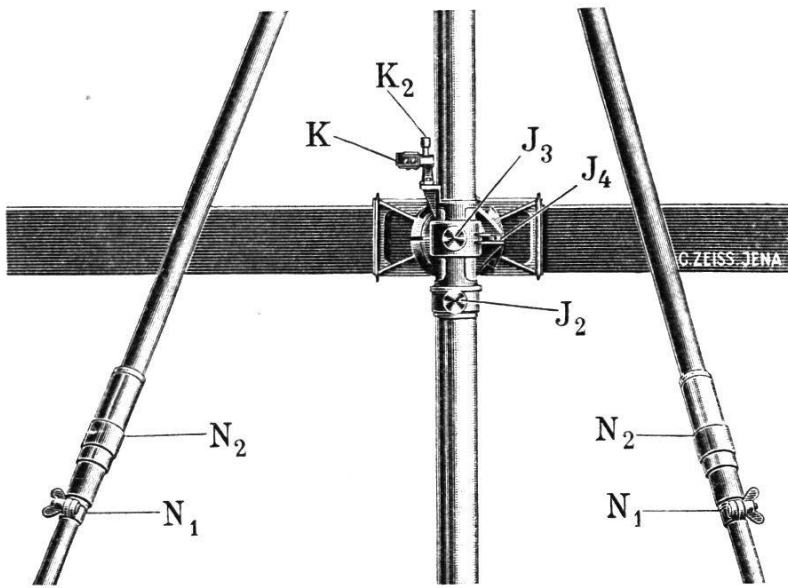


Figur 10.

In der Mitte der Segmentfläche befindet sich ein weißer Längsstrich, auf welchen bei der Horizontalwinkelmessung der Faden eingestellt wird (siehe Fig. 11). Dieser Strich befindet sich genau in der Achse der Fußspitze *P*.

Die Standlatte kann durch zwei Streben verstrebt werden, die am regulierbaren Kardangelenk N_3 befestigt sind. Die Streben sind ausziehbar und mit Klemm- und Mikrometerschraubenvorrichtung N_1 N_2 versehen, um die Standlatte mit Hilfe einer auf der Rückseite angebrachten Libelle rasch und genau senkrecht stellen zu können. Auf der Standlatte sitzt der Halter der Horizontallatte, der vertikal beliebig verschoben und durch die Schraube J_2 festgehalten werden kann. Der Halter besitzt eine prismatische Führung, in der die Latte horizontal beliebig verschoben und mit der Schraube J_1 befestigt wird. Um die Latte senkrecht zur Visur zu stellen, können Halter und Latte außerdem in horizontalem Sinne

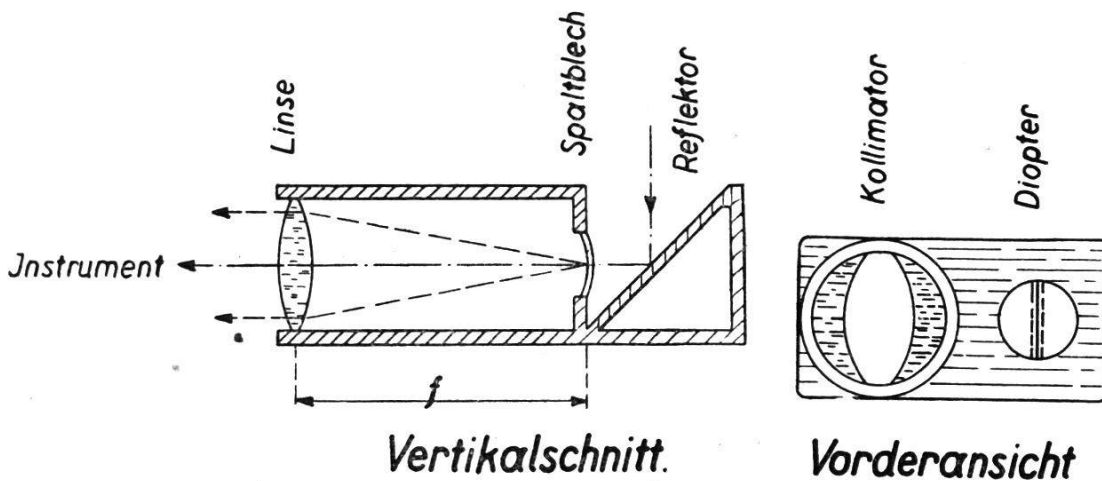
geschwenkt und mittels der Schraube J_3 festgeklemmt werden. Zur Ausrichtung dient ferner das Diopter K . Dasselbe ist um



Figur 12.

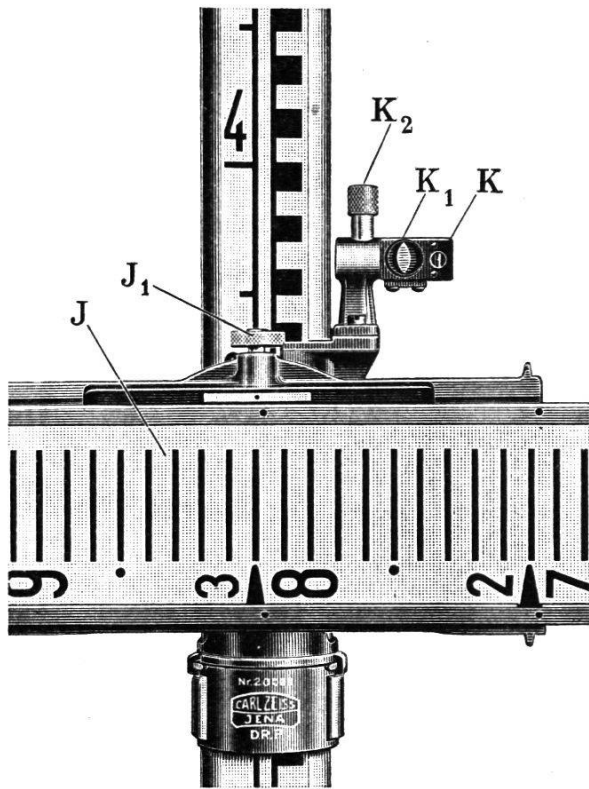
eine horizontale Achse, die im Halter K_2 steckt, kippbar, so daß das Instrument auch für geneigte Linien jederzeit vom Gehilfen angezielt werden kann. Mit dem Diopter ist ferner verbunden ein kleiner Kollimator K_1 , bestehend aus einer

kleinen Sammellinse, einem annähernd im Fokus angebrachten Spaltblech und einem Reflektor dahinter (Fig. 15). Die Achsen des Diopters und des Kollimators sind einander genau parallel. Die Linse bildet den Spalt gegen das Instrument hin ab und leuchtet



Figur 15.

auf, sobald das Diopter genau auf das Instrument gerichtet ist (siehe Fig. 11 bei K_1). Der Kollimator bildet daher für den Beobachter am Instrument das Mittel, den Gehilfen jederzeit daraufhin prüfen zu können, ob er die Latte genau gerichtet hat oder nicht. Damit der Gehilfe die ganze Lattenvorrichtung nicht in der unbequemen Kreuzform von Punkt zu Punkt tragen muß,



Figur 11.

besonders in Wäldern und schwer begehbaren Gebieten, so kann die Horizontalplatte auch in vertikalem Sinne gedreht und in zur Standplatte parallele Lage gebracht werden. Der Gehilfe braucht zu diesem Zwecke nur auf den Schnapphebel J_4 (Fig. 12) zu drücken, worauf die Drehung der Latte erfolgen kann.

Die Länge der Standlatte beträgt 2—2,5 m, diejenige der Querlatte 1,60 m. Mit letzterer können Distanzen bis auf 150 m noch direkt abgelesen werden.

Es ist leicht einzusehen, daß mit einer horizontalen Meßlatte nicht ebenso leicht allen Sichthindernissen ausgewichen werden kann, wie mit einer senkrechten Latte, besonders im Walde, in dichten Baumgärten usw. Wir können jedoch die horizontale Latte aus den früher schon erwähnten Gründen nicht entbehren und müssen daher den durch sie verursachten Schwierigkeiten dadurch begegnen, *daß wir sie so beweglich wie möglich machen*. Die Latte kann daher erstens in vertikalem Sinne, zweitens in horizontaler Richtung in ihrem Halter verschoben und schließlich um 180 Grad gedreht werden, wodurch der Nullpunkt der Latte von der einen auf die andere Seite der Standlatte kommt. Mit Hilfe dieser Bewegungsmöglichkeiten wird es einem geübten Gehilfen nicht schwer fallen, allen Sichthindernissen fast ebensogut auszuweichen, wie mit einer senkrechten Latte, vorausgesetzt, daß schon bei der Absteckung des Polygons diesem Umstande von Anfang an etwas Rechnung getragen wird.

Theoretisch sollten die Lattenabschnitte, bzw. die beiden Schenkel des parallaktischen Winkels genau symmetrisch zur Standlatte liegen. In der Praxis jedoch wird diese Forderung in den seltensten Fällen erfüllt sein, weil die Querlatte ständig

horizontal verschoben werden müßte. Der Einfluß der nicht genau symmetrischen Lage des Lattenabschnittes äußert sich stets in einer Vergrößerung der Ablesung, ist aber, wie sich rechnerisch leicht nachweisen läßt, so gering, daß er praktisch vernachlässigt werden kann. Man vermeide es nur, ganz kurze Distanzen bei extremer Lage der Latte zu messen.

Die Teilstriche der Querlatte sind bedeutend länger, als sie sein müßten, um gerade das untere und das obere Fernrohrbild an der Trennungslinie zur Berührung zu bringen. Man kann sich je die Striche des einen Teilbildes (Fig. 6) über die Trennungslinie hinaus, hinter dem andern Bild verlängert denken. Der Hauptvorteil der Strichverlängerung liegt darin, *daß die Ablesung auch dann noch erfolgen kann, wenn die Latte nicht ruhig ist, z. B. bei Wind, oder wenn sie aus freier Hand gehalten wird, ohne daß ein Auseinandertreten der beiden Bilder zu befürchten ist.* Beim Halten aus freier Hand wird, sofern der Gehilfe dem Diopter und der Libelle die nötige Aufmerksamkeit schenkt, eine Genauigkeit von 2—3 cm ganz gut möglich sein. Dieser Vorteil des Instrumentes erlaubt ein äußerst rasches Aufnehmen des Details, indem für sehr viele Punkte das Verstreben der Lattenvorrichtung in Wegfall kommt und macht dasselbe auch für gewöhnliche Tachymetrie wertvoll. In diesen Fällen empfiehlt es sich, die Trommel auf Null zu stellen und die Entfernungen mit Hilfe des Nonius auf ganze oder halbe Dezimeter zu schätzen.

IV. Die Die Justierung.

a) Justierung des Theodoliten.

Zu der Justierung des Theodoliten, die in der allgemein üblichen Weise erfolgt, sei noch folgendes bemerkt.

Die Zielachsen des Fernrohres sind unveränderlich und werden in der Fabrik justiert. Infolge der Umschaltung von Vollbild auf Doppelbild und umgekehrt hat man es hier mit zwei Zielachsen zu tun. Wenn von Voll- auf Doppelbild geschaltet wird, so müssen die dabei erscheinenden Vertikalfaden das gleiche Ziel decken. Das nämliche gilt für den Horizontalfaden des Vollbildes und die Trennungslinie des Doppelbildes. Da aber immerhin kleine Justierungsunterschiede bestehen können, so ist es ratsam, während der Messung eines Winkels die Umschaltung nicht vorzunehmen.

Um die Ablesestellen der Horizontalkreise zu berichtigen, sei es, um sie auf den gleichen Kreisdurchmesser zu bringen oder um die in Abschnitt I erwähnte Kontrollablesdifferenz zu bewirken, kann man das eine oder andere Mikroskop mit Hilfe der Justierschrauben an den beiden Fernrohrstützen seitlich verschieben.

b) *Die Justierung des Distanzmessers.*

Sie zerfällt: 1. in die Berücksichtigung der Additionskonstanten, 2. in die Justierung der Multiplikationskonstanten, 3. die Justierung der Reduktionsvorrichtung.

1. *Die Berücksichtigung der Additionskonstanten* bezweckt, den Abstand des Scheitelpunktes des parallaktischen Winkels von der Drehachse des Fernrohres, ferner den Abstand der Teilung der Querlatte von der Standlatte automatisch bei der Distanzmessung zu berücksichtigen. Dies geschieht zunächst dadurch, daß, wie früher schon bemerkt, der Nullpunkt der Teilung, bzw. die Nullpunkte der beiden Nonien um 0,24 mm nach einwärts verschoben sind. Die letzte Feinkorrektur, insbesondere wenn kleine, additive persönliche Fehler vorhanden sind, erfolgt mit Hilfe der Planparallelplatte an der Meßtrommel. Man benutze dazu eine genau auf Millimeter gemessene, kurze Strecke von ungefähr 25 Meter. Die Ablesefehler werden in diesem Falle sehr klein sein und eine vorhandene Unstimmigkeit in der Multiplikationskonstanten kommt nicht stark zur Geltung. Die Differenz, die sich aus der beobachteten und der gemessenen Länge ergibt, kann daher als Restfehler in der Additionskonstanten angesehen werden. Man beseitigt ihn dadurch, daß man die Schräubchen im gerändelten Ring der Meßtrommel *T* (Fig. 1) etwas löst, so daß sich die Teilung der letztern unabhängig vom Rändelring verdrehen läßt. Mit andern Worten, man verschiebt bei feststehender Planparallelplatte den Nullpunkt der Trommelteilung um den Restfehler.

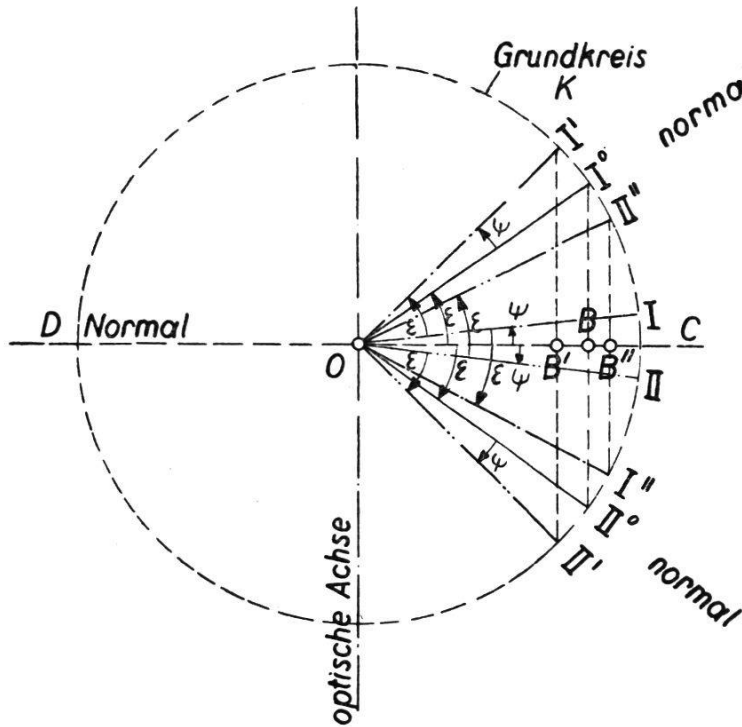
2. *Die Justierung der Multiplikationskonstanten erfolgt in der Fabrik* genau auf 1 : 100, d. h. die Drehkeile werden genau dieser Konstante entsprechend erstellt. Die Teilung der Querlatte ist daher für alle Instrumente ein und dieselbe. Eine weitere Justierung kann nur in Frage kommen, wenn man auch noch die kleinen Einflüsse der Höhenlage über Meer, der Pro-

jektionsverzerrung und allenfalls restliche, angulare persönliche Fehler bei sehr feinen Messungen berücksichtigen will.

Die drei genannten Größen kann man dadurch automatisch berücksichtigen, daß man das den Drehkeilen vorgeschaltete Abschlußglas etwas verdreht und damit dem parallaktischen Winkel eine zusätzliche Aenderung verleiht. Werden die Schraubchen bei O_6 (Fig. 2) etwas gelöst, so läßt das Abschlußglas sich verdrehen. Die Fassung des Glases ist mit einer einfachen Merkteilung versehen, an der die Drehung abgelesen werden kann. Um den richtigen Drehsinn zu bekommen, dreht man am besten das Glas das eine Mal auf $+10$, das andere Mal auf -10 und macht je eine Ablesung. Man wird dann gegenüber der Nullstellung einige Zentimeter mehr, bzw. weniger ablesen. Die Größe dieses Unterschiedes gibt uns einen Anhalt dafür, wie stark und in welchem Sinne das Abschlußglas gedreht werden muß, damit der parallaktische Winkel den gewünschten Sollwert erhält.

Diese zusätzliche Aenderung des parallaktischen Winkels wird nicht automatisch reduziert. Da sie jedoch nur einen kleinen Betrag, höchstens 3 cm auf 100 m, ausmachen wird, so spielt der dadurch entstehende Distanzfehler praktisch keine Rolle. Er beträgt für den soeben genannten Betrag bei 20 Grad Neigung 1,5 mm, bei 30 Grad Neigung 3 mm usw.

3. *Die Justierung der Reduktionsvorrichtung* ist dann vollkommen in Ordnung, wenn bei horizontal gestelltem Fernrohr und einspielender Kollimationslibelle die Hauptschnitte der beiden Drehkeile genau horizontal gerichtet sind. Eine Berichtigung ist nur dann nötig, wenn durch grobe Behandlung des Instrumentes die Zahnräder auf ihren Achsen oder die Keile in ihren Fassungen eine Verdrehung aus ihrer normalen Lage erfahren oder die Nullstellung der Vertikalwinkelablesung, bzw. die Justierung der Kollimationslibelle geändert wird. Die Verhältnisse, die daraus entstehen, gehen aus der Figur 13 hervor. Der Kreis K bedeutet wiederum den aus der Figur 9 bekannten, in der Objektebene gelegenen Grundkreis. Wenn eine Unstimmigkeit vorhanden ist, so werden bei horizontalem Fernrohr die Hauptschnitte nicht mehr in die gleiche Ebene fallen, sondern miteinander einen Winkel bilden, der doppelt so groß ist, wie der Verdrehungswinkel ψ . Der Hauptschnitt des einen



Figur 13.

Keiles wird somit durch $O-I$, der des andern Keiles durch $O-II$ gehen.

Angenommen nun, wir hätten eine steile Strecke zu messen und würden die Messung am untern Endpunkt beginnen, dann würden die Drehkeile je um den Höhenwinkel ε in einander entgegengesetzter Richtung gedreht, d. h. ihre

Hauptschnitte die Lagen $O I'$, bzw. $O II'$ einnehmen. Der Lattenabschnitt würde der Strecke OB' entsprechen. Wäre die Unstimmigkeit nicht vorhanden, so hätten die Hauptschnitte die Lagen $O I^0$ und $O II^0$ und OB wäre gleich dem Lattenabschnitt. Mißt man die Strecke auch an ihrem oberen Endpunkt, so erfolgt die Drehung der Keile entgegengesetzt zu derjenigen auf dem untern Standpunkt, also je um ε in die Lagen $O I''$ und $O II''$. Als Lattenabschnitt ergibt sich die Strecke OB'' . Es ist daher

$$OB = OC \cos \varepsilon \quad 1)$$

$$OB' = OC \cos (\varepsilon + \psi) \quad 2)$$

$$OB'' = OC \cos (\varepsilon - \psi) \quad 3)$$

2) und 3) addiert und durch 2 dividiert gibt

$$\frac{OB' + OB''}{2} = OC \cos \varepsilon \cos \psi = OB \cos \psi.$$

Da der Winkel ψ in der Regel nur wenige Minuten ausmachen kann, so darf $\cos \psi = 1$ gesetzt werden und es ist

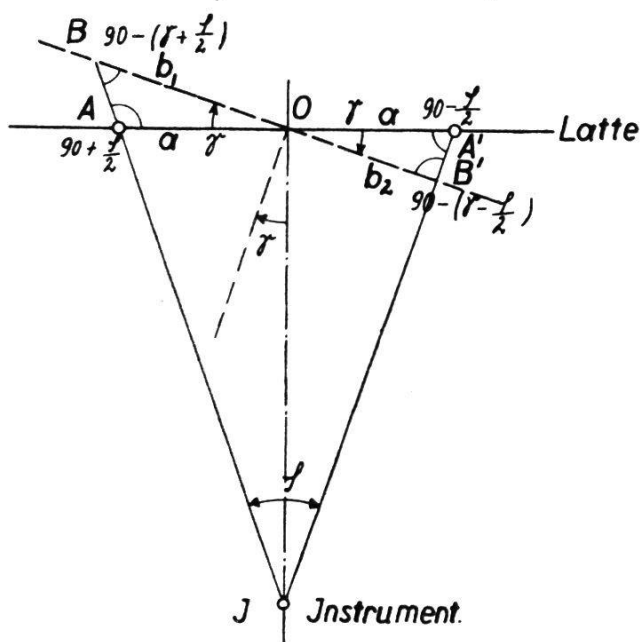
$$\frac{OB' + OB''}{2} = OB, \text{ d.h.}$$

Wenn man mit einem Instrument, dessen Reduktionsvorrichtung nicht ganz genau justiert ist, eine zu messende Strecke an ihren beiden Endpunkten beobachtet und aus beiden Be-

obachtungen das Mittel nimmt, so ist die Dejustierung ohne Einfluß auf das Resultat.

Diese Eigenschaft des Instrumentes ist deshalb sehr wertvoll, weil die Polygonseiten, die man fast ohne Ausnahme beidseitig beobachtet, auch dann genau richtig erhalten werden, wenn die Reduktionsvorrichtung nicht ganz justiert ist. Ist letzteres einmal der Fall, so äußert sich dies darin, daß alle Distanzen mit positivem Höhenwinkel zu groß und jene mit negativem Höhenwinkel zu klein abgelesen werden (oder umgekehrt). Dies ist das Zeichen dafür, daß die Reduktionsvorrichtung justiert werden muß, was folgendermaßen geschieht. (Die genannte Erscheinung wird übrigens nur bei größeren Neigungen merkbar werden, weshalb man zur Justierung eine Strecke auswählt, die möglichst steil ist.) Man mißt die Kontrollstrecke an ihren beiden Endpunkten möglichst genau, indem man die Trommelablesungen mehrfach wiederholt und aus beiden Messungen das Mittel nimmt. Dabei vergesse man nicht, an den beiden Resultaten (speziell für die Zielung nach abwärts) den am Schlusse des Abschnittes IIb erwähnten Abzug zu machen, der an der Teilung T_1 (Fig. 1) in Zentimetern abgelesen werden kann. Hierauf wird das Hauptzahnrad (1 in Fig. 5 bzw. 8) mit Hilfe der Korrektionschraube T_2 so lange gedreht, bis die Ablesung genau das vorerwähnte Mittel ergibt, womit die Berichtigung erledigt ist.

c) Die Justierung der Lattenvorrichtung.



Figur 14.

Bei der Lattenvorrichtung ist zu prüfen, ob die Standlatte genau vertikal steht und ob die Achse des Diopters senkrecht zur Horizontallatte ist.

Damit die Distanz richtig erhalten wird, muß die Horizontallatte senkrecht zur Visur, d. h. die Achse des Diopters senkrecht zur Latte sein. Es ist vielleicht gut, wenn

diese Verhältnisse hier noch kurz untersucht werden, damit der Beobachter weiß, mit welcher Genauigkeit das Ausrichten zu erfolgen hat und wann die Vornahme der Justierung angezeigt ist.

In der Figur 14 sei J der Standpunkt des Instrumentes, O der Standpunkt der Standlatte und AA' die meßgerechte Lage der Querlatte. Es wird nun angenommen, die letztere sei um den Winkel γ verdreht, sei es, daß der Gehilfe unrichtig visiert oder daß das Diopter nicht mehr stimmt. Es ist daher zu untersuchen, um wieviel größer der Lattenabschnitt BB' gegenüber dem Abschnitt AA' ist.

Nach kurzer Ableitung erhält man die Formel:

$$\Delta = b_1 + b_2 - 2a = 2a \left(\frac{1}{\cos \gamma} - 1 \right)$$

Für eine Distanz von 100 m müßten also infolge unrichtiger Lattenhaltung folgende Fehler entstehen:

Lattenrichtungs- fehler	Distanzfehler pro 100 m Δ
0,5 Grad (cent.)	0,3 cm
1 » »	1,2 »
1,5 » »	2,8 »
2 » »	4,9 »
4 » »	19,7 »

Der in den Figuren 11 und 15 dargestellte Kollimator ist so konstruiert, daß er nur dann voll aufleuchtet, wenn er genau auf das Instrument gerichtet ist. Bei einer Drehung um 0,5 Grad ist nur noch eine sichelförmige Fläche am Rande der Linse sichtbar und bei 1 Grad Drehung erscheint die Linse schwarz. Die Prüfung des Diopters kann ohne instrumentelle Hilfsmittel erfolgen (siehe Gebrauchsanweisung). Da man nie sicher ist, ob der Gehilfe das Diopter nicht irgendwo angeschlagen hat, so wird ein vorsichtiger Beobachter gut tun, dasselbe von Zeit zu Zeit nachzuprüfen.

Diese Beschreibung möchte ich nicht schließen, ohne dankbar der Mitarbeiter des Zeißwerkes zu gedenken, insbesondere des Herrn Dr. A. König, der ein Wesentliches zur Vervollkommnung des Instrumentes beigetragen hat.

St. Gallen, im November.

R. Bößhardt, Grundbuchgeometer

Erfahrungen beim Heliotropieren.

Von *W. Lang*, Ingenieur der Eidg. Landestopographie.

Die Eidg. Landestopographie hat in den Jahren 1910—1913 eine grosse Zahl Winkel der 1864—1879 beobachteten sogenannten Gradmessungstriangulation I. Ordnung nachgemessen.¹ Der Grund zu diesem Vorgehen lag in der Erkenntnis, dass diese früheren Beobachtungen für ein modernes Netz I. Ordnung nicht ohne eingehende Prüfung genügten. Sie sind mit unvollkommenen Instrumenten nach überholten Methoden und häufig gegen ungeeignete Zielpunkte durchgeführt worden.

Für diese neuen Messungen kamen daher ausschliesslich Einachsertheodolite mit Schraubenmikroskopen von Hildebrand (Freiberg i. S.) und als Beobachtungsmethode die in der Schweiz bewährte Einzelwinkelbeobachtung nach der Sektormethode von Wild² zur Anwendung. Für die Signalisierung galt als Richtschnur, die Zielpunkte so weitgehend als möglich mit *Heliotropen* zu besetzen. Damit wollte man *Auffassungsfehler* vermeiden, die beim Einstellen ungeeigneter Signalformen (dreiseitige Pyramiden und dgl.) oder einseitig beleuchteter Signale leicht auftreten und stark verschlechternd auf die Resultate wirken können. Auch *unsichere* Zielungen gegen zu schwach oder zu klein sichtbare Signale werden dadurch ausgeschaltet. Die zur Verfügung stehenden Heliotropen waren alter Konstruktion, sogenannte Bertram'sche Heliotropen, ungefähr von der Bauart der in Jordans H. f. V., 3. Band, 1916, pag. 37, besprochenen und abgebildeten.

¹ Siehe „Schweiz. geogr. Koordinaten“, Jahrgang 1926, pag. 129 und Tafel, dieser Zeitschrift.

² Siehe „La méthode des secteurs“ par H. Zoelly, Jahrgang 1925, pag. 30, dieser Zeitschrift.