

# Beitrag zur optischen Präzisionsdistanzmessung

Autor(en): **Werffeli, R.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **18 (1920)**

Heft 11

PDF erstellt am: **11.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-186244>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

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

Unter Berücksichtigung dieser Gesichtspunkte sei nun für eine Strassenkurve, bei welcher der Polygonwinkel mittelst eines Theodolits mit neuer Teilung gemessen wurde zu

$$\beta = 251^{\circ},815$$

der Radius etwas grösser als der Minimalradius gewählt worden zu

$$R = 150 \text{ m.}$$

Hiefür liefert dann die Tabelle A für die Hauptpunkte der Kurve:

*I. Hauptpunkte.*

Kurve	No. 2		
$\gamma$	51,815 = 51,5 + 0,315		
R	150 = 1,5 · 100		
z	t	a	b
$\Delta z_0$	.466	.184	.785
$z_0$	42.808	8.778	80 896
d z	.294	.116	.495
z	43.102	8.894	81.391
Z	<b>64.653</b>	<b>13.341</b>	<b>122.087</b>

(Fortsetzung folgt.)

## Beitrag zur optischen Präzisionsdistanzmessung.

Von R. Werffeli.

In dem am 19. März gehaltenen Referate über die allgemeinen Grundlagen der optischen Distanzmessung hat Herr Professor F. Bäschlin einer stattlichen Zahl von Teilnehmern fünf Postulate zur Beurteilung verschiedener Verfahren aufgestellt. (Siehe Berichterstattung von Herrn S. Bertschmann in der Mainummer dieser Zeitschrift.) Schon in der dem Vortrage folgenden Diskussion versuchte der Schreibende, in kurzer Entgegnung die Anwendung des ersten Postulates in bezug auf sein Verfahren klar zu stellen. Es liegt aber in der

Natur der Sache, dass solche Aufklärungen anlässlich einer mündlichen Diskussion nicht mit der nötigen Präzision durchgeführt werden können. Es sei mir daher gestattet, im nachstehenden dies nachzuholen :

a) Das erste Postulat des Herrn Referenten, dessen letzte Bedingung die Präzisionslatten «Werffeli» nicht erfüllen, heisst :

1. Feste Distanzfäden, einstellbar auf günstige Zielpunkte, d. h. Einstellen auf eine Zielmarke, keine Schätzung.

Den mittleren Fehler einer optischen Einzelmessung mittels Reichenbachschem Distanzmesser berechnet der Herr Referent unter der Voraussetzung der Erfüllung seiner fünf Postulate zu 21 mm auf 100 m. Dabei ist angenommen, dass die Zielgenauigkeit einer Zielung 0,3 sexagesimal betrage. Dieser mittlere Fehler einer Zielung bezieht sich auf Faden in der Mitte des Gesichtsfeldes eines Fernrohres. Der mittlere Zielfehler in der Lage der Distanzfäden 1 : 100 ist wegen der Unvollkommenheit der Optik etwas grösser. Im weitem muss der Teilungsfehler der Latten ebenfalls berücksichtigt werden, so dass für die Folge der mittlere Fehler einer optischen Messung zu 24 mm auf 100 m angenommen werden kann. Dieser Wert wurde auch für die Einzelmessungen mit direkter Einstellung der Distanzfäden auf Zielmarken erreicht und zwar sind die bezüglichen Einzelmessungen meines Erachtens von ein und demselben Standpunkte aus zu verstehen. Der mittlere Fehler aus gegenseitigen, zeitlich getrennten Messungen ist grösser.

Nach der vorstehenden Annahme von 24 mm für den mittleren Fehler beider Distanzfäden auf 100 m beträgt derselbe für einen Faden

$\frac{24}{\sqrt{2}} = 17$  mm. Der linke Distanzfaden

hat bei Verwendung meiner Distanzlatte die Bedingungen von Mitte-Feld-Einstellung erfüllt, somit auf 100 m einen mittleren Fehler von 17 mm. Der rechte Distanzfaden hat diese Bedingung nur erfüllt, wenn die Ablesung desselben zufällig auf die Mitte eines Feldes fällt, d. h. wenn die Ablesung am rechten Faden z. B. 45,10, 45,15 oder 46,20 etc. beträgt. Für die übrigen Zwischenablesungen nehme ich an, es sei die wahre Ablesung auf 100 m Distanz am rechten Faden 46,20 + dem mittleren Fehler von 17 mm = 46,217. Das Feld 46,20 wird dann kaum merklich unsymmetrisch zerschnitten und in aller-

nächster Nähe ist das Feld 46,25 vom gleichen Faden ebenfalls unsymmetrisch zerschnitten. Die betreffende Abweichung von Mitte-Feld beträgt  $46,25 - 46,217 = 0,033$  oder gleich dem doppelten mittleren Fehler. Dieser Umstand sorgt dafür, dass der Beobachter empfinden kann, dass beide Felder nicht stimmen; entweder empfindet er, dass beide Felder um gleich viel nicht stimmen, und liest 46,225, eventuell 46,23 ab, oder er empfindet, dass 46,20 etwas besser stimmt, und liest 46,22 ab. In beiden Fällen wird das Auftreten des mittleren Fehlers verhindert, während bei der Einstellung auf ein Feld eine solche Verbesserung nur durch Wiederholung der Beobachtung möglich ist. Sollte die Einwendung gemacht werden, dass an Stelle von 46,217 auch 46,25 abgelesen werden könnte, so wäre zu entgegnen, dass dies erst recht bei einer Ablesung oder Einstellung auf *ein* Mitte-Feld möglich ist, weil dort das besser stimmende Feld 46,20 nicht vorhanden ist. Auch wenn die wahre Ablesung auf 46,20 fällt, so leistet die Abweichung beim Feld 46,25, die gleich 0,05 oder ungefähr das Dreifache des mittleren Fehlers einer Zielung ist, ebenfalls gute Dienste zur Vergleichung der Ablesung.

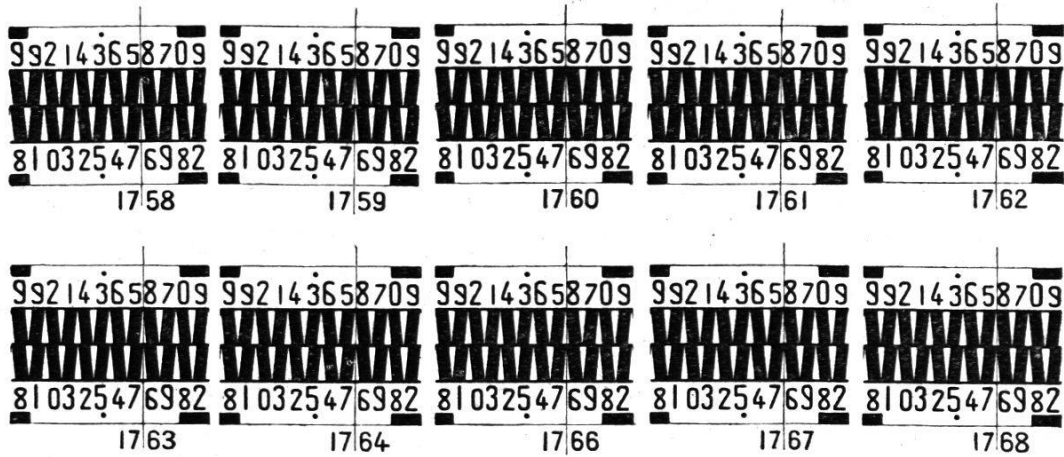
Damit glaube ich für eine Distanzablesung von 100 Meter bewiesen zu haben, dass *die Genauigkeit dieser Schätzung, welche am rechten Faden vorkommt, derjenigen der Mitte-Feld-Einstellung überlegen ist*. Diese Schätzung ist also keine Schätzung in gewöhnlichem Sinne, sondern *sie ist eine Auswahl von Mitte-Feld-Einstellungen, welche zirka um den Betrag des mittleren Fehlers voneinander abweichen*.

Es verbleibt mir noch die Aufgabe, für eine andere Distanz den Beweis zu erbringen, dass diese Schätzung gegenüber der reinen Mitte-Feld-Einstellung die Genauigkeit einer Ablesung erhöht. Für die Distanz von 50 Meter ist der mittlere Ziel-

fehler eines Distanzfadens  $= \frac{17}{2} = 8,5$  mm. Dieser mittlere

Fehler wird wiederum beim linken Faden ohne weiteres eingehalten. Wenn die wahre Ablesung auf ca. 50 Meter Distanz am rechten Faden (Fig.)  $17,60 +$  dem mittleren Fehler von  $8,5 \text{ mm} = 17,6085$  beträgt, so wird das Feld 17,60 wieder kaum merklich, unsymmetrisch vom Faden geteilt. Das Feld 17,65 wird ebenfalls unsymmetrisch geteilt und zwar ist die Ab-

weichung  $17,65 - 17,6085 = 0,0415$ , oder gleich dem fünffachen mittleren Fehler. Das Verhältnis der obern Abweichung von  $0,0085$  zur unteren Abweichung  $0,0415$  verhindert die Begehung eines Fehlers im Betrage von  $0,0085$  oder vermindert doch wenigstens die Fehlerwahrscheinlichkeit für das Vorkommen dieses Fehlers.



In der Figur sind die Ablesungen von 17,58 bis 17,68 auf 50 Meter Distanz, bei 28facher Fernrohrvergrößerung in scheinbarer Bildgrösse dargestellt. Die einzelnen Ablesungen sind leicht voneinander zu unterscheiden. Es ist z. B. nicht möglich, an Stelle von 17,61 etwa 17,62 abzulesen. Der Grenzfehler, der bei mittlerer Günstigkeit auf keinen Fall 2 cm übersteigen kann, ist kleiner als der Grenzfehler für Mitte-Feld-Einstellung, welcher  $3,29 \times 8,5 \text{ mm} = 28 \text{ mm}$  beträgt. Im gleichen Verhältnis, wie sich der Grenzfehler reduziert, verbessert sich auch der mittlere Fehler und die Ablesung am rechten Faden ist somit auch auf eine Distanz von 50 Meter der Mitte-Feld-Einstellung überlegen.

Die Verhältnisse der Abweichungen der oberen und unteren Felder in der Figur sind für:

17,58	2 : 7	17,64	4 : 1
17,59	1 : 6	17,65	5 : 0
17,60	0 : 5	17,66	6 : 1
17,61	1 : 4	17,67	7 : 2
17,62	2 : 3	17,68	8 : 3
17,63	3 : 2		

Auf Distanzen von ca. 80 Meter und darüber scheidet die Be-

NB. In der Figur ist Ablesung 17,66 mit 17,67 verwechselt.

obachtung der Verhältnisse 1 : 6, 1 : 4, 4 : 1 und 6 : 1, infolge Anwachsens der linearen Grösse des mittleren Fehlers aus. Diese Ausführungen gelten für gute bis mittlere günstige Zielverhältnisse. Bei Luftzittern wächst der mittlere Fehler einer Ablesung am rechten Faden in gleichem Masse wie bei der Mitte-Feld-Einstellung.

b) Ferner erwähnt die Kritik des Herrn Referenten, dass bei meinen Latten die Wiederholungen der Messungen bei einem Instrumentenstande nicht unabhängig voneinander seien. Da nun aber im vorstehenden bewiesen wurde, dass die Ablesung am rechten Faden genauer ist, als eine Mitte-Feld-Einstellung am linken Faden, so muss, wenn bei einer zweiten Beobachtung der linke Faden z. B. um den Grenzfehler verändert eingestellt wird, am rechten Faden diese Veränderung wahrgenommen werden. In denjenigen Fällen, wo bei der zweiten Beobachtung am linken Faden ein Einstellfehler begangen wird, der kleiner als der mittlere Fehler ist, mag eine Abhängigkeit zur ersten Ablesung vorhanden sein. Es sei aber im nächsten Abschnitt gezeigt, dass eine mehr als zweimalige Wiederholung der Messung von ein und demselben Standpunkt aus, sowohl aus theoretischen als praktischen Gründen zu keinen besseren Endresultaten führt.

In der Differenz sämtlicher gegenseitigen, zeitlich getrennten optischen Distanzmessungen mittelst Reichenbachschem Distanzmesser sind neben den Fehlern, welche aus Messungen von einem Standpunkte aus ersichtlich sind, folgende wesentliche Fehler vorhanden :

1. Zentrierungsfehler des Theodoliten ;
2. Zentrierungsfehler der Distanzlatten ;
3. Nachwirkungen in der Ausdehnung der Latten und in der Veränderung des Parallaxwinkels infolge Temperaturänderungen ;
4. Parallaxfehler infolge veränderter Scharfstellung der Distanzfäden, sowie wegen Veränderung der deutlichen Sehweite des Beobachters aus Beleuchtungsunterschieden und anderen Ursachen.

Der mittlere Fehler einer Einzelmessung, berechnet aus gegenseitigen Beobachtungen, ist wegen des Einflusses obiger vier Fehler grösser als der mittlere Fehler, berechnet aus nur

einseitigen, aufeinanderfolgenden Beobachtungen. Eine Vermehrung der Messungen auf einem Standpunkte kann das Resultat nicht wesentlich verbessern und zwar auch dann nicht, wenn die Wiederholungen mit unabhängigen Trommelablesungen ausgeführt werden. Infolge der oben erwähnten vier Fehler muss das Postulat aufgestellt werden, dass in erster Linie zwei gegenseitige Messungen ausgeführt werden. Mit Ausnahme der Schnittdistanzen, bei denen eine etwas grössere Ungenauigkeit nicht von Belang ist, kann dieses Postulat in der Praxis von allen Distanzen erfüllt werden. Die Unabhängigkeit meiner gegenseitigen Messungen ist nicht bestritten. Im übrigen lässt sich aus den Figuren beurteilen, in wie weit der Vorwurf der Abhängigkeit zweier aufeinanderfolgenden Beobachtungen bei ruhiger Luft (etwa Ablesung 17,61 gegen 17,62) berechtigt ist. Bei Luftzittern, wo die Gefahr einer Beeinflussung eventuell vorhanden ist, kann diese beseitigt werden, wenn sich der Beobachter bei der zweiten Ablesung die Aufgabe stellt, eine kleinere oder grössere Ablesung zu machen; dabei wird er eine eventuelle Differenz rasch feststellen.

Die Vermehrung der einseitigen Beobachtungen übernimmt hier die gleiche Rolle, wie bei direkter Distanzmessung die Vermehrung der Messungen durch das eine Gehilfenpaar. (Siehe Jahrgang 1920, Seite 148, Genauigkeit von Polygonseitenmessungen von S. Bertschmann.) Es sei aber damit nicht gesagt, dass in diesem Falle eine zweite Messung auf dem gleichen Standpunkte überflüssig oder unökonomisch wäre.

*Schlussfolgerungen aus praktischen Erfahrungen, sowie den vorstehenden Ausführungen :*

1. Der mittlere Fehler einer Ablesung am rechten Faden ist kleiner, höchstens gleich gross, als der mittlere Fehler einer Mitte-Feld-Einstellung, sofern das Intervall des Schätzfeldes nicht grösser ist, als ca. das 10—15fache\* des Zielfehlers.

Da, wo das Verhältnis vom mittleren Zielfehler zur Grösse des Intervalls am günstigsten ist, ist die Genauigkeit einer Schätzablesung des rechten Fadens mindestens gleich der Genauigkeit des Mittels von zwei bis vier Mitte-

---

\* Der zutreffende, sowie der günstigste Faktor kann durch Versuchsreihen und fehlertheoretische Untersuchungen bestimmt werden.

Feld-Einstellungen. Dieses günstigste Verhältnis ist bei den Distanzlatten «Werffeli» je nach dem Luftzittern zwischen 50—80 Meter.

2. Wegen den nur mit gegenseitigen Beobachtungen konstatierbaren Fehlereinflüssen (1—4) muss für die Hochpräzision (Polygonzüge) der optischen Messverfahren das Postulat gegenseitiger Beobachtung aufgestellt werden. Dabei gelten zwei unabhängige Aufstellungen in der Mitte der Distanz als dem Postulat entsprechend.

### **Trigonometrische Längenbestimmung geodätischer Grundlinien nach A. Tichy.**

(Schluss.)

Wir treten jetzt auf eine kurze Kritik der Methode ein; dabei haben wir zu unterscheiden zwischen der Verwendung derselben für ihren ursprünglichen Zweck, die Basismessung, und der von Tichy propagierten Erweiterung als Grundlage der Landesvermessung in Ersetzung der bisherigen Triangulation.

Die prinzipielle Schwäche der Methode liegt m. E. in der ungeheuren Empfindlichkeit auf Stativverschiebungen; allerdings sorgt Tichy in bestmöglicher Weise dafür, dass solche möglichst wenig auftreten können. Nach meinen Erfahrungen werden sie sich aber nicht ganz vermeiden lassen; es ist deshalb zu begrüßen, daß bei der neuen Apparatur Sorge getragen worden ist, die Stative scharf zentrieren zu können. Aber auch in diesem Falle wird man von kleinen Pflockverschiebungen abhängig bleiben. Daß sich Exzentrizitätseinflüsse in bedeutendem Masse geltend gemacht haben, geht aus den Versuchsmessungen des militär-geographischen Institutes in Wien einwandfrei hervor. Da bei diesen Versuchsmessungen sich auch der «Etalon» als in seiner Länge recht ungenau bestimmt gezeigt hat, so bin ich vorläufig noch nicht überzeugt, dass dieser in der gegenwärtigen Ausführung eine so hohe Stabilität aufweist, wie es wünschenswert wäre. Sobald wir uns nicht für längere Zeiträume auf die Unveränderlichkeit des «Etalon» verlassen können, würden wir der von Tichy so verpönten direkten Basismessung, sei es nun mit Stangen oder Drähten, wieder