

Optische Präzisionsdistanzmessung : Distanzlatten System Werffeli

Autor(en): **Werffeli, Rudolf**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **17 (1919)**

Heft 3

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-185567>

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.

fürten zum Ergebnis, daß uns vom 19. Mai an der Tunnel jeweils vom letzten Schichtzug ab Kandersteg 9 Uhr abends bis zum ersten Schichtzug morgens 5 Uhr ab Kandersteg frei zur Verfügung stehen sollte. Besondere Vereinbarungen waren vorbehalten, sofern Spezialverfügungen von seiten der Generaldirektion von Bern eintreffen sollten. Wenn immer möglich sollte am Sonntag abend, 25. Mai, unsere Arbeit im Innern des Tunnels beendet sein.

Obwohl in jenen Tagen an der ganzen Lötschberglinie und im Tunnel überall fieberhaft gearbeitet wurde, — die Betriebseröffnung stand kurz bevor — konnten unsere Arbeiten, dank der Zuvorkommenheit des verantwortlichen Tunnelingenieurs Herrn Payot, glatt und ohne nennenswertes Hindernis durchgeführt werden.

(Fortsetzung folgt.)

Optische Präzisionsdistanzmessung.

(Distanzlatten System Werffeli.)

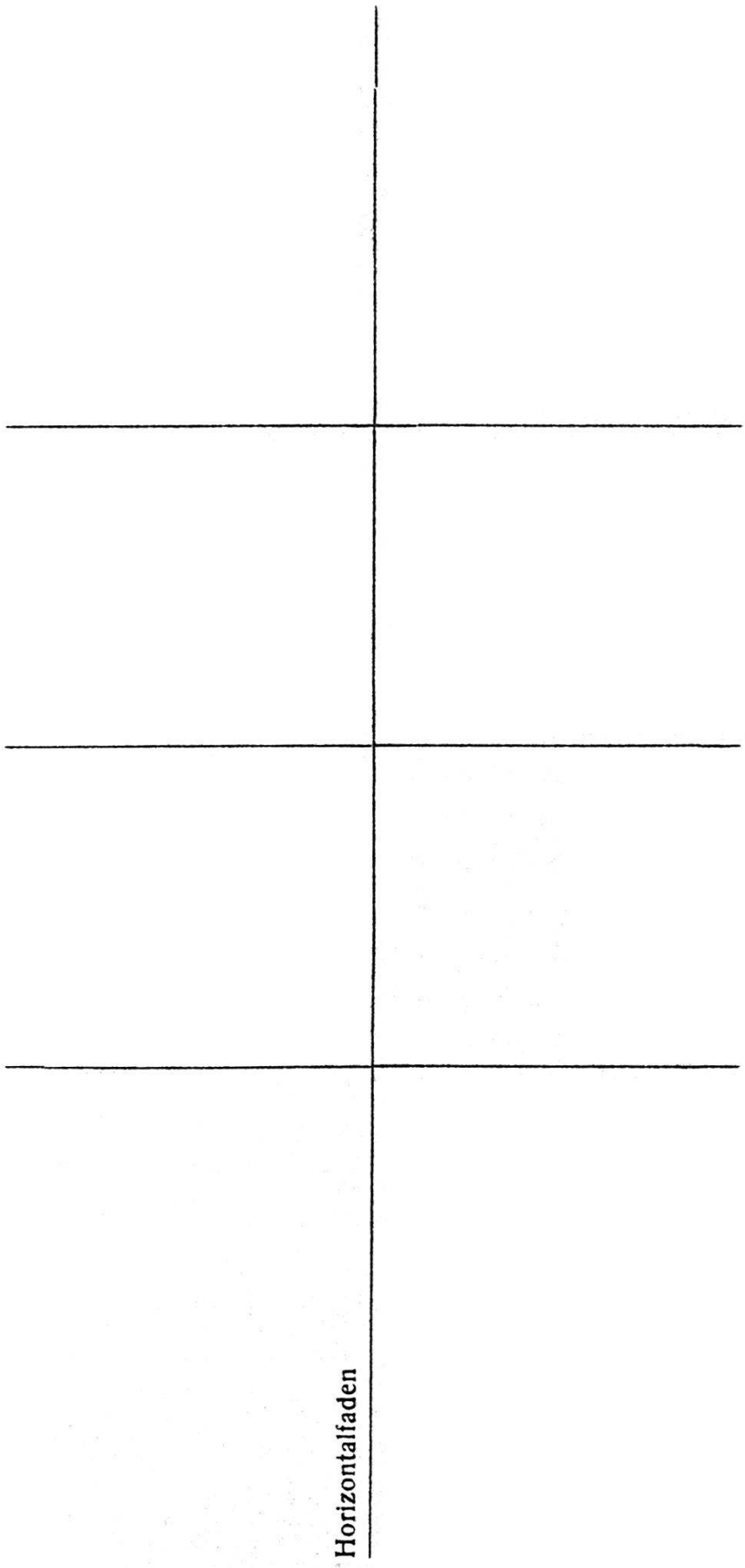
Nachdem die nachstehend beschriebene Distanzlatte seit zirka drei Jahren bei Probemessungen geprüft und in letzter Zeit für die optische Distanzmessung von über 500 Polygonpunkten nach mittleren Genauigkeitsanforderungen (Instruktion II) verwendet wurde, dürfte der Zeitpunkt gekommen sein, der Fachwelt diese Neuerung bekannt zu geben.

Der Reichenbach'sche Fadendistanzmesser oder ähnliche optische Lösungen sind die Grundlage der Methode. Zur möglichsten Verkleinerung des Einflusses einer Differenz-Refraktion an beiden Ablesestellen der Distanzlatte wurde diese als horizontale Latte, senkrecht zur Visur, konstruiert. Die horizontale Latte, senkrecht zur Visur, gestattet die Verwendung ein und desselben Höhenwinkels sowohl zur Höhenberechnung, als auch zu einer einfachen Rechnung für die Reduktion auf den Horizont. Eine Fadenkonstante von $C = 100$ genügt und reduziert die Länge der Latte auf eine praktische Größe von 1,5 Meter.

Um eine Präzision in der Ermittlung des Lattenabschnittes zu erreichen, muß an beiden Faden eine Mitte-Feld-Ablesung möglich sein. Dieser Bedingung wird bei der in der Figur ab-



Für Ablesversuche hier abtrennen



Horizontalfaden

Fadenkreuz mit vertikalen Distanzfiaden

Scheinbare Größe des Lattenbildes auf 50 Meter Distanz bei Verwendung eines Fernrohres mit 28-facher Vergrößerung.

Hauptteilung.



Hilfsteilung.

* Pat. No. 71 710. D. R. P. No. 300 240.

gebildeten Distanzlatte durch eine Hauptteilung und eine Hilfsteilung praktisch entsprochen. Das Intervall der Hauptteilung beträgt 1 cm und dementsprechend sind die Keilfelder mit 2, 3, 4, 11, 12, 13 . . ., 21, 22, 23 . . . etc. beziffert. Die dekadischen Zahlen sind für 10 mit *einem* Punkt, für 20 mit *zwei* Punkten u. s. w., für 50 mit *einem großen* Punkt (entsprechend römisch V), für 60 mit einem *großen* und einem *kleinen* Punkt (entsprechend römisch VI) bezeichnet.

Das Intervall der Hilfsteilung ist 1,1 cm und die Keilfelder dementsprechend mit 2,2 3,3 4,4 11,0 12,1 13,2 14,3 20,9 22,0 23,1 24,2 = $22 \times 1,1$, beziffert. Die dekadischen Zahlen sind in gleicher Weise, wie bei der Hauptteilung, mit Punkten markiert. Die geraden Zehnerfelder sind außerdem am Rande mit schwarzen Banden gekennzeichnet. Infolge Raummangel im Lattenbilde mögen die Zahlen der Hilfsteilung auf den ersten Blick etwas verwirrend wirken. Die Ablesung dieser Zahlen erfolgt aber erst, wenn der Distanzfaden sehr genähert auf die Mitte eines Keilfeldes eingestellt ist und es verschwindet die vermeintliche Verwirrung, indem einmal nur diese Stelle des Lattenbildes beobachtet wird und als Ablesung nur diejenigen zwei Zahlen in Frage kommen, deren *links* vom Faden liegende *größer* und deren *rechts* vom Faden liegende *kleiner* geschrieben ist. Die zugehörige dekadische Zahl wird aus den am Rande, je in der Mitte eines Zehnerfeldes befindlichen Punkten abgelesen.

Die Hauptteilung ist durch je zwei senkrecht zueinander liegende Keilfelder doppelt ausgeführt. Die unteren Keilfelder der Hülsteilung sind gegenüber den oberen Feldern, d. h. vom gemeinschaftlichen Nullpunkte der beiden oberen Teilungen aus um 0,5 cm nach rechts verschoben (siehe in der Mitte: Pfeil mit + 5). Die vorstehend beschriebene Ablesung an der Hülsteilung ist daher je mit 0,05 cm zu vergrößern, wenn der rechte Distanzfaden auf der Mitte dieser *unteren* Felder zur Ablesung gelangt. Die Millimeter-Strich-Teilung in der Mitte der Latte dient zur Bestimmung der Additionskonstanten.

Zur Demonstration des Vorganges einer Ablesung ist das beiliegende Pauspapier mit dem Fadenkreuz versehen, welches in einem Theodolit-Fernrohr vorteilhaft auf Glas angebracht sein muß.

Der Horizontalfaden wird auf die Mitte der horizontalen Latte und, nebenbei bemerkt, der mittlere Vertikalfaden ungefähr auf den gemeinschaftlichen Nullpunkt der Haupt- und Hülsteilung eingestellt; dann wird der linke Distanzfaden auf die Mitte eines beliebigen Feldes der Hauptteilung eingestellt, z. B. auf das mit 25 bezeichnete Keilfeld (20 durch zwei kleine Punkte markiert und 5 durch die Zahl). Der rechte Distanzfaden befindet sich dann zirka 3 mm *rechts* des benachbartesten Keilfeldes.

Die Abschätzung dieser 3 mm *rechts* begründet nun eine Verschiebung des linken Distanzfadens um 3 *Felder* nach *rechts*, also auf das Keilfeld 22 der Hauptteilung. Nach dieser Verschiebung befindet sich der rechte Distanzfaden genau auf einem unteren Keilfelde der Hülsteilung und die Ablesung kann erfolgen:

Faden links: 22,00

Faden rechts: 27,55

Lattenabschnitt: 49,55 cm.

(Die auf dem Pauspapier angebrachten Distanzfaden werden je nach Papiereingang einen entsprechend kleineren oder größeren Lattenabschnitt ergeben.)

Ein Fernrohr mit guter Helligkeit und 28-facher Vergrößerung gestattet auf 50 Meter noch zu unterscheiden, ob das obere, das untere oder das Mittel beider Keilfelder der Hülsteilung vom Faden durchschnitten werde; im letzteren Falle wäre die Ablesung folgende:

Faden links: 22,00
Faden rechts: 27,52 oder 27,53
Lattenabschnitt: 49,52 cm.

Die erwähnten Messungen im Instruktionsgebiet II wurden mit einem 12 cm-Theodoliten und 28-facher Vergrößerung ausgeführt. In die Koordinatenberechnung wurde das Mittel aus vier Beobachtungen, zwei vorwärts und zwei rückwärts, eingeführt. Bei einer einmaligen täglichen Bestimmung der Fadenkonstante genügte das in der Polygonberechnung verwendete Resultat einer Toleranz von

$$T = \sqrt{2 + \frac{l^2}{200}}$$

als Differenz zwischen zwei Resultaten, wobei das zweite Resultat eine zuverlässige Lattenmessung sein kann; l bedeutet den Lattenabschnitt in Zentimetern. Die erhobene Leistung eines *geübten* Beobachters ergab eine durchschnittliche Tagesleistung von 50 Winkeln und zugehörigen Seiten (maximal 8 Winkel pro Stunde).

Die tägliche Bestimmung der Fadenkonstante, sowie die Vergleichen von Vor- und Rückwärts-Beobachtungen, welche bei verschiedenen Temperaturen ausgeführt wurden, haben mit Deutlichkeit ergeben, daß sich die Fadenkonstante mit der Temperatur verändert. Ausgeführte Spezialmessungen bei Temperaturen von -6° bis $+16^{\circ}$ Celsius haben bei dem verwendeten Fernrohr eine Zunahme der Konstante ausgewiesen und zwar auf 10° Celsius eine mittlere Zunahme von 0,02 Einheiten. Der Temperatureinfluß bei der auf Aluminium aufgetragenen Lattenteilung beträgt für 1 Meter Länge 0,023 mm auf 10° Temperaturunterschied. Der Gesamteinfluß bei einer Distanzbestimmung von 100 Meter und 10° Temperaturunterschied ist somit 4,3 cm.

Ein nicht zu unterschätzender Fehlereinfluß bei dieser optischen Distanzmessung ist das Auftreten von Parallaxe zwischen Bild und Fadenkreuz und zwar ist nach unserer Auffassung der Einfluß des unscharfen Fadenbildes die Hauptursache der Parallaxe. Das Vorhandensein eines unscharfen Fadenbildes kann innerhalb eines gewissen Zeitraumes einen regelmäßigen Fehler verursachen. Die Verkleinerung des letztern ist durch folgende Anordnung möglich: Man graviert auf dem Glase, an geeigneter

Stelle, neben den Distanzfaden kurze Striche von verschiedener Tiefe ein und zwar so, daß zwei tieferliegende Striche, z. B. rechts vom Distanzfaden und zwei höherliegende Striche links vom Distanzfaden liegen. Der Abstand der benachbarten Strichebenen unter sich soll zirka 0,1 mm betragen. Die Abstufung in der Bildschärfe dieser Hilfsstriche ermöglicht jederzeit ein genaueres Einstellen des Distanzfadens. Als erste Bedingung muß aufgestellt werden, daß beide Distanzfaden zu gleicher Zeit deutlich erscheinen. Die Berücksichtigung der Veränderung der Fadenkonstante infolge Temperaturwechsel und die vorbeschriebene scharfe Einstellung des Fadens ermöglichen für das Mittel von vier Beobachtungen die Innehaltung einer Toleranz von

$$\sqrt{2 + \frac{1^2}{400}}, \text{ d. i. für 100 m 5,2 cm, für 50 m 2,9 cm.}$$

Bei allzu empfindlichem Luftzittern sollen die Messungen vermehrt, oder besser durch Halbieren der zu messenden Seite verschärft werden. Ruhige Luft erlaubt Ablesungen bis zu 130 Meter.

Die Verwendung der 1,5 Meter langen horizontalen Distanzlatte wurde während sämtlichen Messungen auf ihre Zweckmäßigkeit untersucht. Die gemachten Erfahrungen haben die befürchteten Nachteile einer horizontalen Latte nicht bestätigt. Durch Aufstellung des Instrumentes in der Mitte der Distanz oder durch einfache exzentrische Aufstellung der Distanzlatte (seitlich, vor oder zurück) konnte ausnahmsweise vorkommenden Anständen ausgewichen werden. Distanzen über 130 Meter, bei denen ein Aufstellen in der Mitte unmöglich war, wurden indirekt durch Winkelmessung bestimmt u. s. w. Die Verwendung der horizontalen Latte mit einer Länge von 1,5 Meter hat sich in der Praxis in jedem Gebiete bewährt.

Das zugehörige Stativ besteht aus einer zirka 1 Meter langen Röhre, welche mittelst zwei Streben und einer Dosenlibelle vertikal gestellt wird. In dieser Röhre befindet sich eine zweite mit einer Zentimeterteilung und einem Gestell, welches die horizontale Latte trägt. Die Mitte der Latte wird mit Hilfe der Teilung an der inneren Röhre auf Instrumentenhöhe gestellt, welche vom Beobachter dem Gehilfen zugerufen oder signalisiert und von diesem wiederholt werden muß. Die Latte kann hierauf

mittelst einer Visiervorrichtung senkrecht zur Visur gestellt werden und ist zur optischen Distanzmessung, sowie zur Winkelmessung bereit. Ihre Verwendung für Vermessungen mit verminderten Genauigkeitsanforderungen (Instruktion III) erlaubt eine Beschränkung der Beobachtungen auf deren zwei. Die einfache Handhabung und die normalen Anforderungen an das distanzmessende Fernrohr dürften dieser Präzisionsdistanzmessung in allen Vermessungsarbeiten Eingang verschaffen.

Zürich, den 1. März 1919.

Rudolf Werffeli.

Tafeln für die Korrektur des Höhenunterschiedes infolge Einführung der wirklichen Längen der Dreieckseiten, entsprechend der Höhe über Meer und der Projektionsverzerrung.

In der Einleitung zu den *Tangententafeln** ist auf Seite XII die Korrektionsgröße abgeleitet, mit der bei trigonometrischen Höhenbestimmungen die Dreieckseiten infolge der Höhe über Meer zu verändern sind. Dieses Korrektionsglied beträgt für die höchsten Erhebungen unseres Landes bis zu + 300 Einheiten der sechsten Stelle des Seitenlogarithmus.

Daneben besteht noch die Projektionsverzerrung. Sie ist allerdings in ihren Maximalbeträgen nicht von gleicher Größenordnung, wie die Aenderung der Seite infolge der Höhenlage. Trotzdem muß sie berücksichtigt werden, da sie bei Außerachtlassung eine Fehlerquelle bedeutet. Im „*Projektionssystem der schweizerischen Landesvermessung*“** ist auf Seite 103 ff. das

Vergrößerungsverhältnis $\frac{s'}{s}$, hervorgebracht durch die Projektion von der Erdkugel auf die Ebene, abgeleitet.

Darnach ist: $\log s' - \log s = \sigma_1 + \sigma_2$

wobei
$$\sigma_1 = \frac{M}{24 R^2} (x_2' - x_1')^2$$

* Tafeln zur Berechnung von Höhenunterschieden aus Horizontalabstand und Höhenwinkel, herausgegeben vom Eidgen. Departement des Innern, 1905, Verlag der schweiz. Landestopographie in Bern.

** Die Aenderung des Projektionssystems der schweiz. Landesvermessung von Ingenieur M. Rosenmund, Verlag der Abteilung für Landestopographie.