

Zeitschrift:	Schweizerische Geometer-Zeitung = Revue suisse des géomètres
Herausgeber:	Schweizerischer Geometerverein = Association suisse des géomètres
Band:	11 (1913)
Heft:	7
 Artikel:	Zur optischen Distanzmessung
Autor:	[s.n.]
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-182622

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 25.01.2026

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

coordonnées et l'altitude de chaque section, et les faire construire conformes par le fabricant.

Le géomètre doit tenir compte, dans ce calcul, du fait que ses mensurations seront toujours incertaines à 2—3 cm par 100 mètres à cause de la variation de longueur des lattes. C'est une erreur qui n'a pas beaucoup de poids comparée aux autres sources d'erreurs.

En tout cas c'est peine perdue de vouloir éliminer l'erreur due au travail des lattes en ne procédant qu'à des étalonnages espacés.

Beaucoup plus importante que cette erreur de variation de longueur des lattes est l'erreur de flexion dans les lattes qui ne sont pas construites d'une manière rationnelle. Dans les mensurations cadastrales, on ne doit admettre que des lattes qui ne subissent au maximum qu'une flexion de 20 mm par 5 mètres de longueur. Cette exigence peut seule ramener, sans recourir à la confection trop coûteuse de lattes, l'erreur maximale résultant de la flexion à 2—3 cm par 100 mètres de longueur.

En suivant scrupuleusement les méthodes de mensuration décrites plus haut, on peut obtenir des mesures de longueur dont l'exactitude suffit amplement pour des exigences plus élevées.

Rorschach, mars 1913.

E. Helmerking.

Zur optischen Distanzmessung.

In Art. 51 unserer Vermessungsinstruktion ist für die Messung der Polygonseiten im Instruktionsgebiet III auch die optische Distanzmessung zugelassen, genannt ist aber speziell der Reichenbachsche Fadendistanzmesser. Ueber die Zulassung anderer Distanzmesser entscheidet das eidgenössische Vermessungsinspektorat. Zur Erzielung guter Resultate verweist die Instruktion zugleich auf einige zu erfüllende Bedingungen:

- a) Distanzen nicht über 100 m.
- b) Feste Distanzfäden, Fernrohrvergrösserung mindestens 35 fach.
- c) Sehr genaue Lattenteilung, Einschätzung des Lattenabschnittes auf halbe Millimeter, feste Lotrechtstellung der Latte durch Stativ mit Schraubenstellvorrichtung und Dosenlibelle.

d) Messung doppelt — vorwärts und rückwärts — eventuell Kontrolle der Distanz durch Ablesung in zwei möglichst weit auseinander liegenden Stellen der Latte, oder zutreffender gesagt, Bestimmung der reduzierten Distanz für zwei möglichst verschiedene Höhenwinkel mit gleichem Vorzeichen.

Im Instruktionsgebiete III, wo die optische Distanzmessung bis jetzt allein zugelassen ist, wird es, der Natur des Terrains entsprechend, im allgemeinen seltener als in den zwei übrigen Instruktionsgebieten vorkommen, dass die Visuren sehr nahe am Boden hinstreichen. Sollte dieser Fall aber dennoch eintreten, so wird eine Verlegung oder eine direkte Messung der Polygonseiten angezeigt sein, wie es sich ohne weitere Ueberlegung schon aus dem Zittern der Bilder solcher Visuren bei ruhiger Luft und Sonnenbrand ergibt. In der Tat ist das Zusammentreffen solcher topographischer und meteorologischer Verhältnisse geeignet, die Genauigkeit der optischen Distanzmessung sehr herunter zu setzen, oder sie ganz fraglich zu machen.

Im Jahrgang 1911 der „Z. f. V.“ veröffentlicht Prof. Dr. Eggert unter dem Titel: „*Einfluss der Refraktion auf die Fadendistanzmessung*“ eine Anzahl von Versuchsmessungen, welche sehr geeignet sind, zur Vorsicht zu mahnen. Er entwickelt zugleich eine Theorie, auf deren Grundlage es möglich wäre, die Beobachtungen zu korrigieren, von der er aber selbst zugibt, dass sie nur ein theoretisches Interesse besitze und dass an eine Berücksichtigung des Refraktionsgliedes in der Praxis nicht zu denken sei, da mit den Lattenbeobachtungen zugleich Temperaturmessungen zu verbinden wären, welche die Arbeit erschweren und verzögern, ohne indessen die Resultate einwandfrei zu verbessern.

Zu den Versuchsmessungen wurde ein Präzisionsnivellierinstrument von Bamberg mit der Fadenkonstanten 99,08 benutzt, auf nahezu horizontalem Boden wurde eine Strecke von 134,96 m durch doppelte Lattenmessung bestimmt. Die Additionskonstante des distanzmessenden Fernrohres ergab sich durch unmittelbare Abmessung am Instrument zu 0,67 m, so dass sich für die der optischen Distanzmessung massgebende Strecke der Wert von $134,96 - 0,67 = 134,29$ m ergibt.

Es sollte nun die Untersuchung zur Beantwortung der Fragen dienen:

1. Machen sich auf die nahe dem Boden hinstreichenden Visuren störende Einflüsse der Refraktion in erheblichem Masse geltend?

2. Sind diese Störungen zugleich von der Tageszeit abhängig?

Die Ablesungen wurden an einer in Centimeter geteilten Latte gemacht, welche durch ein Stativ festgehalten und sorgfältig lotrecht gestellt war; sie geschahen am untern Ende der Latte, Stellung des untern Fadens nahe dem Erdboden, des mittlern bei 0,7 m der Lattenteilung, sodann in der Mitte der Latte, Mittelfaden bei 1,5 und endlich am obern Ende, Mittelfaden bei 2,3 m.

Die Messungen wurden am 8. Juni 1910, also an einem Sommertage vorgenommen; über die Witterung ist leider keine Angabe vorhanden. Die Resultate*) sind für den untern Abschnitt die Mittel aus 10, für die obern Lattenabschnitte aus je 5 Beobachtungen.

	Zeit	Unten	Mitte	Oben
Vormittags	8 ⁴⁰	133,35	134,25	134,11
	9 ⁴⁰	133,09	134,07	133,93**
	10 ⁵⁰	133,08	134,13	134,29
	11 ⁴⁰	132,98*	133,93*	134,19
Nachmittags	12 ⁴⁰	133,01	133,95	134,13
	2 ¹⁰	133,09	134,15	134,21
	3 ²⁰	133,10	134,09	134,09
	4 ¹⁰	133,25	134,07	134,21
	5 ²⁰	133,31	134,05	134,07
	6 ²⁰	133,41	134,07	134,29
	Mittel	133,17	134,08	134,15

Diese Zahlen zeigen mit unheimlicher Deutlichkeit den starken Einfluss der Refraktion auf die Ablesungen am unteren Ende der Latte; sie lassen aber auch den Einfluss der Tageszeit, oder vermutlich besser gesagt, die Wirkung der Erwärmung des Bodens erkennen, welche sich in einer gleichzeitigen Zunahme der Refraktion äussert. Für die zwei ersten Reihen kann man das Maximum der Refraktionswirkung als mit der Mittags-

*) Der „Z. f. V.“, Band 40, S. 497 entnommen.

**) Minima.

zeit zusammenfallend betrachten; für die erste Reihe tritt aber der Einfluss der Tageszeit und dessen Gesetzmässigkeit ausserordentlich viel deutlicher hervor, als für die zweite.

Die Beobachtungen am obern Ende der Latte scheinen von der wechselnden Refraktion weniger beeinflusst, doch ist dann auch unter dieser Annahme auffallend, dass mit einem so kräftigen Fernrohr nicht besser zusammenstimmende Resultate erzielt wurden; es gilt dies namentlich für die zwei unmittelbar aufeinander folgenden extremen Werte 133,93 und 134,29. Es befremdet diese grosse Differenz in zeitlich so nahe liegenden Beobachtungen um so mehr, wenn man sich erinnert, dass die Zahlen Mittelwerte aus fünf Beobachtungen sind.

Von 9⁴⁰ bis 10⁵⁰ Uhr zeigt sich eine Aenderung der Distanz
für den untern Lattenteil von 1 cm

" "	mittlern	"	"	6 "
" "	obern	"	"	36 "

Fassen wir die Zahlen der Tabelle zu einem Gesamteindruck zusammen, so gelangen wir zu folgenden Schlüssen:

- a) Der Wert der gemessenen Distanz mit 134,29 ist nur in zwei Fällen erreicht worden, es scheint demnach die Multiplikationskonstante etwas zu klein bestimmt worden zu sein.
- b) Infolge starker Refraktion sind die am untern Lattenende erhaltenen Distanzen um rund 1 m zu klein, demnach für Vermessungszwecke absolut unbrauchbar.
- c) Die in der Mitte und am obern Ende der Latte erhaltenen Werte sind von der Refraktion weniger beeinflusst, könnten aber auch für das Gebiet von Instruktion III kaum als genügend betrachtet werden.
- d) Der am obern Ende erhaltene extreme Wert von nur 133,93 ist vermutlich einem Beobachtungsfehler zuzuschreiben; schliesst man diesen Wert aus, so ergibt sich das Mittel aus den Beobachtungen am obern Teile der Latte zu 134,18 und es erscheinen die Beobachtungen in der Mitte und am obern Ende der Latte als gleichwertig.

Prof. Dr. Eggert hat in der zweiten Hälfte des Juni und Anfang Juli 1910 noch weitere vier Serien mit gleichzeitiger Messung der Temperatur in der Höhe der Ziellinien beobachtet.

Die ersten drei Reihen wurden bei Sonnenschein gemessen, die letzte bei bedecktem Himmel nach lange anhaltendem Landregen. Durch die ersten drei Reihen wird das Resultat der oben mitgeteilten Beobachtungen im allgemeinen bestätigt; wir verzichten deshalb auf deren Wiedergabe. Dagegen führen wir die Serie 4 an.

Höhe der Mittelvisur	Distanz	Temperatur	
0,7	133,93	14,2	Bedeckter Himmel
1,1	134,05	14,2	
1,5	134,11	14,3	
2,3	134,07	14,4	

Wird von der bereits als zu klein bezeichneten Fadenkonstanten abgesehen, so ergeben diese unter günstigen atmosphärischen Verhältnissen angestellten Messungen sehr schöne Resultate; der Einfluss anormaler Refraktion ist für die dem Boden entlang streichende Visur noch deutlich erkennbar, sobald aber die Höhe der Visur der Instrumentenhöhe entspricht, wie es ja meistens der Fall sein wird, können die Refraktionsstörungen als nicht mehr vorhanden angenommen werden. Dieselben sind wahrscheinlich nicht nur von Sonnenschein und Bewölkung, sondern auch von der Bedeckung des Bodens abhängig. Es wäre höchst verdienstlich, auch hierüber Versuche anzustellen, oder die Ergebnisse präzisionstachymetrischer Vermessungen, vornehmlich die Bestimmung von sog. Schnittpunkten, welche mit der Kontrolle von Ablesungen bei verschiedenem Höhenwinkel zu geschehen hat, zur Vergleichung heranzuziehen. Das Material für die bekannten Versuchsmessungen in Kandergrund dürfte zu diesem Zwecke gute Dienste leisten.

Für den Koeffizienten normaler Refraktion wird allgemein der Wert 0,13 (siehe Instruktion f. d. G. B. V.) angenommen, nach der Formel:

$$R = 0,13 \frac{d^2}{2r} \text{ ergibt sich für die Distanz } d = 134 \text{ m und}$$

$$\text{Erdradius } r = 6,370,000 \text{ m}$$

$$R = 0,13 \frac{134^2}{12,740,000} = 0,17 \text{ mm}$$

$$\text{für } d = 100 \text{ m, } R = 0,1 \text{ mm.}$$

Da für die Distanz 134 m bei einer Fadenkonstanten von rund = 100 sich dieselbe bei Benützung des untern Lattenendes um rund 1 m *zu klein* ergibt, so ist durch die abnorme Re-

fraktion der abgelesene Lattenabschnitt um volle 10 mm, also um das 60fache, zu klein erhalten worden.

Für normale Refraktion bewegen sich die Lichtstrahlen in einer gegen die Erde hohlen Kurve, unter der Annahme eines für die tiefer liegenden Visuren zunehmenden Refraktionskoeffizienten müsste deshalb bei den angeführten Beobachtungen der beobachtete Lattenabschnitt nicht zu klein, sondern im Gegen teil *zu gross* aus gefallen sein. Für den unten sehr nahe am Boden hinstreichenden Visierstrahl muss deshalb die Refraktion das Vorzeichen gewechselt, d. h. es muss nahe des offenbar stark erwärmt en Bodens eine Reflexion der Strahlen stattgefunden haben; die Lichtkurve zeigt eine gegen die Erde erhabene Form und ihre Krümmung ist um so stärker, je näher der Erde sie verläuft. Dass dieser Verlauf aber kein regelmässiger ist, beweist das Zittern der Bilder.

Die eben betrachteten Verhältnisse sind nicht nur für die gewöhnliche optische Distanzmessung, sondern in noch höherem Grade für das Nivellieren wichtig. Nivelliert man z. B. auf einer Strasse von gleichmässiger Steigung, so ist man nur zu leicht versucht, auch bei gleichen Distanzen vor- und rückwärts dieselben möglichst gross zu halten, und damit die Latte jeweils bei Vorblick oder Rückblick einseitig so auszunutzen, dass Visuren sehr nahe am Fussende der Latte vorkommen, welche je nach der Witterung von Refraktionsstörungen mehr oder weniger beeinflusst sind. Da die Wirkung der letztern nach unserer Voraussetzung einer Nivellements linie mit einseitigem Gefälle eine ebenfalls einseitige, jede Kompensation ausschliessende ist, so ist unter ungünstigen Witterungsverhältnissen eine fatale Summierung dieser Fehler vorauszusehen. Unter den vorausgesetzten Verhältnissen sollte deshalb nur bei gleichmässiger Temperatur und bedecktem Himmel nivelliert werden, und auch in angennähert horizontalem Terrain unter keinen Umständen, wenn die Fernrohrbilder merklich zittern.

Diese Vorsichtsmassregeln werden bei den Präzisionsnivellements längst beobachtet, die Berücksichtigung derselben empfiehlt sich aber auch für technische Nivellements, für die in langen Sommertagen noch genügend Zeit bleibt, wenn auch die Mittagsstunden ausgeschlossen werden. Auf den Einfluss der Refraktionsstörungen hat Ingenieur Lauterburg von Bern schon

in den Sechzigerjahren aufmerksam gemacht, es wurde ihnen aber damals, wie übrigens noch andern Fehlerquellen, nicht die gehörige Beachtung zu Teil.

Eine andere Fehlerquelle der optischen Distanzmessung soll im Anschluss an die Refraktionsstörungen noch erörtert werden: der Einfluss der *Luftfeuchtigkeit auf die Multiplikations- (Faden) konstante des Distanzmessers*. Ueber dieses Thema hat Dr. Samel, Assistent für Geodäsie an der landwirtschaftlichen Akademie Bonn-Poppelsdorf, mit der bekanntlich eine Abteilung für Geodäsie und Kulturtechnik verbunden ist, in der „Zeitschrift für Vermessungswesen“, Heft 13 vom 1. Mai 1913, Mitteilungen gemacht, die das Interesse unserer Leser um so mehr fesseln werden, als sie die Unrichtigkeit lange gehegter Ansichten dartun.

Als Ursachen für die Veränderung der Fadenkonstanten wurden bisher allgemein angenommen: Aenderungen der Temperatur, der Luftfeuchtigkeit und mechanische Einwirkungen. Letzteren sind namentlich die korrigierbaren Distanzmesser ausgesetzt, und zwar sind sie nicht nur willkürlicher Art beim eigentlichen Korrigieren der Fadendistanz, sondern sie ergeben sich naturgemäß auch leicht durch Aenderungen im Korrektionsapparat, die durch Erschütterungen irgend welcher Art, namentlich aber durch den Wagentransport, verursacht sind, von gewaltsamem, durch Unvorsichtigkeit hervorgerufenen Stößen nicht zu sprechen. Zu Messungen der Präzisionstachymetrie können deshalb auch nur feste Fadenkreuze in Betracht kommen. Die Versuche von Dr. Samel sind, ohne dass es ausdrücklich erwähnt ist, offenbar auch nur mit letzteren angestellt worden.

Die Aenderungen durch die Temperatur liegen innerhalb der den präzisionstachymetrischen Messungen gezogenen Genauigkeitsgrenzen. Der Ausdehnungskoeffizient des Messings beträgt für 100° C 0,0019 oder rund = $\frac{1}{500}$. Angenommen, es werde die Fadenkonstante bei einer Mitteltemperatur bestimmt, von der die extremen Temperaturen um je 20° abweichen, so ergibt sich eine Längenänderung des Fadenkreuzrahmens von nur $\frac{1}{2500}$ im Maximum, welche bei dem jetzigen Stande der Präzisionstachymetrie als nicht wesentlich betrachtet werden kann, besonders wenn man sich vergegenwärtigt, dass das Holz der Distanzlatten sich im gleichen Sinne, wenn auch in geringerem Betrage ändert wird. Der schliesslich resultierende Fehlerbetrag

infolge der Temperatureinwirkung darf deshalb nicht über $\frac{1}{4000}$ angenommen werden.

Es bleibt uns noch die Betrachtung über die Einwirkung der Feuchtigkeit. Dabei ist vorausgesetzt, dass die Faden bei dem Aufspannen derselben auf den Metallrahmen straff angespannt und mit Schellak gut befestigt werden, so dass nicht etwa ein Einhängen derselben stattfindet, wie ich es an älteren Instrumenten schon beobachtet habe.

Dr. Samel hat 11 verschiedene Instrumente auf ihr Verhalten gegen die Feuchtigkeit untersucht. Die Fadenkonstanten wurden nach einem Verfahren bestimmt, das von dem üblichen abweicht, aber nach seiner Angabe aus 6 Beobachtungen einen mittleren Fehler der Konstanten von nicht mehr als $\pm 0,8''$ oder $\pm 0,04\%$ ihres Wertes und entsprechend einen Distanzfehler von $\frac{1}{2500}$ ergibt.

Die Instrumente waren im Sammlungsraum für geodätische Instrumente untergebracht, es konnten also zu Beginn der Untersuchung normale Feuchtigkeitsverhältnisse angenommen werden. In diesem Zustande wurden die Fadenkonstanten der 11 Instrumente bestimmt. Hernach wurden sie zur Zeit recht nassen Winterwetters auf den Dachboden gebracht, die Objektive abgeschraubt, so dass die Fadenkreuze der Einwirkung einer sehr feuchten Luft ausgesetzt waren und dann die Fadenkonstanten wieder bestimmt.

Die beiden Bestimmungsreihen ergeben für die einzelnen Instrumente Differenzen, welche fünfmal positiv, fünfmal negativ und in einem Falle Null waren. Das Mittel der Differenzen ergibt sich zu nur $-0,03\%$, die grösste zu $-0,11\%$. Da der mittlere Fehler für den *Unterschied* zweier Konstantenbestimmungen $\pm 0,06\%$ beträgt, so darf die Differenz von $-0,11\%$ als noch im Gebiete der Beobachtungsfehler liegend betrachtet und der Schluss gezogen werden, *dass ein merkbarer Einfluss der veränderten Feuchtigkeitsverhältnisse auf die Fadenkreuze nicht nachgewiesen werden konnte*.

Im Sommer 1911, der bekanntlich sehr heiss und trocken war, wurden die Instrumente bei den Feldübungen gebraucht, dann zu Anfang August eine zweite Untersuchung vorgenommen, mit dem Unterschied jedoch, dass vor der ersten Reihe bei abgenommenen Objektiven die die Fernröhren umgebende Luft mittelst Chlorcalcium getrocknet, bei der zweiten Reihe in den Mantel der Fernröhren von der Objektivseite her in Wasser

getränkte Fliesspapierrollen eingesteckt wurden, welche die Luft so feucht machten, dass sich an den Faden feine Wasserperlen ansetzen konnten.

Die Untersuchung der Fadenkonstanten für diese total veränderten Verhältnisse ergab nur in einem Falle eine Differenz von — 0,14 %, ein Mittel der Differenzen von — 0,4 %, ein positives Vorzeichen in 2, ein negatives in 9 Fällen. Trotz des deutlichen Ueberwiegens der negativen über die positiven Differenzen kann auch in diesem Falle in Anbetracht des innerhalb der Beobachtungsfehler liegenden Mittels *nicht mit Bestimmtheit* auf einen irgendwie erheblichen Einfluss der veränderten Luftfeuchtigkeit geschlossen werden.

Bei den bisher besprochenen Beobachtungen standen die Distanzfäden lotrecht, bei den Messungen der Praxis, auf die es doch in erster Linie ankommt, sind sie wagrecht. Eine dritte Reihe von Beobachtungen an 8 Instrumenten mit Fadenkreuz in Normalstellung, Bestimmung der Fadendistanzen mit Schraubennikroskop, bei mittlerer Luftfeuchtigkeit, trockener Luft und mit Feuchtigkeit gesättigter Luft ausgeführt, also bei extremen und mittleren Feuchtigkeitsverhältnissen, ergab als Mittel 0,016 und als grössten Betrag der Konstantenänderung 0,05 %. Diese Maximaldifferenz von $\frac{1}{2000}$ der Konstanten kann aber wohl als von Zufälligkeiten herrührend, betrachtet werden. Herr Dr. Samel kommt demnach zum Schluse, „*dass die durch die Luftfeuchtigkeit bedingte Spannungsänderung der Faden eines Reichenbach'schen Entfernungsmessers auf die Grösse der Multiplikationskonstanten praktisch ohne Einfluss bleibt.*“ St.

Die Arbeiten der Schweiz. Landestopographie pro 1912.

(Aus dem Bericht des Schweiz. Militärdepartements, Bundesblatt,
65. Jahrgang, Band II).

Die Feldarbeiten des Jahres 1912, namentlich diejenigen im Hochgebirge, wurden von Anfang Juli an durch die anhaltend ungünstige Witterung beeinträchtigt. Das Programm der Vermessungsarbeiten konnte deswegen nicht überall erfüllt werden.