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

Herausgeber: Schweizerischer Geometerverein = Association suisse des géomètres

Band: 24 (1926)

Heft: 3

Artikel: Der Einfluss der Strahlenbrechung auf die Längenmessung mit Entfernungsmessfäden bei lotrechter Latte [Schluss]

Autor: Lüdemann

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-189578

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: 12.12.2025

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. — 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

Jährlich 12 Nummern (erscheinend am zweiten Dienstag jeden Monats) und 12 Inseraten-Bulletins (erscheinend am vierten Dienstag jeden Monats)	**No. 3** des **XXIV. Jahrganges** der „Schweiz. Geometerzeitung". **9. März 1926**	Jahresabonnement Fr. 12.— (unentgeltlich für Mitglieder) Ausland Fr. 15.— Inserate: 50 Cts. per 1spaltige Nonp.-Zeile

Der Einfluß der Strahlenbrechung auf die Längenmessung mit Entfernungsmeßfäden bei lotrechter Latte.

Von Oberlandmesser a. D. *Lüdemann*, wissenschaftl. Mitarbeiter, in Freiberg (Sachsen).

(Schluß.)

Die nahezu wagerechte Beobachtungsstrecke wurde mit geprüftem Stahlband mehrfach sorgfältig gemessen.

Bei 125,5 m Zielweite erscheint das Zentimeterfeld an der Latte etwa 0,7 mm groß. Bei einer scheinbaren Stärke der besonders fein gewählten Fäden von 0,09 mm lassen sich Zehntel des Intervalles noch gut schätzen. Selbstverständlich wurde auf scharfe Beseitigung der Fadenparallaxe, auf die P. Engi [*28*] mit Recht hingewiesen hat, geachtet.

Die Additionskonstante c wurde am Instrument, die Multiplikationskonstante k unter Benutzung der von E. Hammer [*29*] gegebenen Regeln im Gelände wiederholt mit großer Schärfe bestimmt.

Die Lage des Mittelfadens und des unteren Fadens auf der Latte, sowie die Anzahl der in jeder Beobachtungsreihe ausgeführten Wiederholungen, die des Flimmerns wegen verschieden war, gehen aus der Tafel 3 hervor.

Tafel 3.

Mittelfaden . . . . . m	0,7	1,1	1,5	2,3
Unterer Faden . . . . . m	0,1	0,5	0,9	1,7
Wiederholungszahl	12	10	8	5

Die äußeren Verhältnisse (Temperatur, Strahlung, Sonnenschein, Jahreszeit, Tageszeit, Art und Bewachsung der Oberfläche usw.) wurden möglichst verschieden gewählt und mit ungünstig, mittel, günstig, sehr günstig bezeichnet. Besonders zahlreich wurde bei ungünstigen und mittleren Verhältnissen beobachtet, wie sie ja im praktischen Vermessungswesen die Regel sind. Hat man doch, wie R. Boßhardt [*18* S. 29] mit voller Berechtigung sagt, „während etwa zwei Drittel der üblichen für die Feldarbeit verwendeten Zeit mit mehr oder weniger starkem Zittern der Luft zu rechnen.“

7. Einen Anhalt für die Größe des bei der Abschätzung der Lage eines Meßfadens im Zentimeterfeld zu erwartenden mittleren Fehlers m_a erhält man aus der von O. Eggert [*30*, *9* S. 566 bis 567] aus den umfangreichen Beobachtungsergebnissen von C. Reinhertz und G. Kummer abgeleiteten Beziehung

$$m_a = \pm \left(0{,}136 \frac{s}{v} + 0{,}292\right),$$

in der s die Zielweite, v die Fernrohrvergrößerung bedeutet, in

$$m_a = \pm 0{,}81 \text{ mm}.$$

H. Hohenner [*31* S. 370] hat ebenfalls die Ergebnisse früherer Forschungen und eigener Beobachtungen erörtert und dabei erhalten

$$m_a = \pm \left(0{,}19 \frac{s}{v} + 0{,}2\right),$$

woraus sich ergibt

$$m_a = \pm 0{,}92 \text{ mm}.$$

Ich selbst [*32* S. 296] fand für ein Nivellierinstrument mit $v = 32$, das aber optisch schwächer war, als das hier benutzte, für Zielweiten von 10 bis 80 m und für günstige äußere Verhältnisse

$$m_a = \pm \left(0{,}165 \frac{s}{v} + 0{,}177\right).$$

Daraus hat man

$$m_a = \pm\ 0{,}80 \text{ mm.}$$

Aus allen von mir in den Jahren 1923 und 1924 ausgeführten, durch Differentialrefraktion nicht beeinflußten Messungen und aus besonders hierfür angestellten Beobachtungsreihen leitete ich ab

	1923	1924	Mittel
m_a =	±0,80	0,68	0,74 mm.

Den mittleren Fehler m_l des Lattenabschnittes l hat man dann zu

$$m_l = \pm 1{,}05 \text{ mm}$$

und damit einen hieraus fließenden Entfernungsfehleranteil

$$m_e = \pm 0{,}105 \text{ m} = \pm 0{,}08\ \%$$

8. Die gewonnenen Ergebnisse sind in den Tafeln 4 bis 7 zusammengestellt.

Tafel 4.

Aeußere Verhältnisse: ungünstig.

Lfd. Nr.	Unterer Faden auf m			
	0,1	0,5	0,7	1,7
1	+1,12	+0,58	+0,31	+0,32
2	+0,96	+0,52	+0,21	+0,19
3	+1,04	+0,48	+0,24	+0,19
4	+1,25	+0,76	+0,39	+0,22
5	+1,09	+0,54	+0,29	+0,17
6	+0,84	+0,47	+0,22	+0,08
7	+0,92	+0,43	+0,29	+0,19
8	+1,01	+0,51	+0,37	+0,13
9	+0,97	+0,48	+0,18	+0,23
10	+1,07	+0,62	+0,27	+0,24
11	+1,09	+0,59	+0,07	+0,21
12	+0,82	+0,38	+0,12	+0,19
Summe	+12,18	+6,36	+2,96	+2,36
Mittel m	+1,02	+0,53	+0,25	+0,20
Mittel %	+0,81	+0,42	+0,20	+0,16

Tafel 5.

Aeußere Verhältnisse: mittel.

Lfd. Nr.	Unterer Faden auf m			
	0,1	0,5	0,9	1,7
1	+0,82	+0,49	+0,29	+0,32
2	+1,01	+0,48	+0,19	+0,12
3	+0,78	+0,42	+0,09	—0,12
4	+0,97	+0,53	+0,26	+0,12
5	+0,80	+0,37	—0,13	+0,04
6	+0,99	+0,51	+0,18	+0,13
7	+1,05	+0,62	+0,07	+0,19
8	+0,86	+0,39	+0,21	—0,07
9	+0,80	+0,46	—0,07	+0,14
10	+0,95	+0,47	+0,02	—0,13
11	+1,02	+0,52	+0,19	—0,02
12	+1,09	+0,57	—0,04	—0,09
13	+0,97	+0,43	+0,18	± 0,00
14	+0,89	+0,44	+0,04	—0,09
15	+0,93	+0,59	+0,29	+0,13
16	+1,01	+0,49	±0,00	—0,12
17	+1,13	+0,54	+0,32	+0,29
Summe	+16,07	+8,32	+2,09	+0,84
Mittel m	+0,94	+0,49	+0,12	+0,05
Mittel %	+0,75	+0,39	+0,10	—

Tafel 6.
Aeußere Verhältnisse:
günstig.

Lfd. Nr.	Unterer Faden auf m 0,1	0,5	0,9	1,7
1	+0,51	+0,19	+0,02	—0,12
2	+0,30	+0,21	—0,01	+0,13
3	+0,28	+0,03	—0,09	—0,07
4	+0,47	+0,38	+0,12	+0,01
5	+0,36	+0,24	+0,13	—0,06
6	+0,38	+0,22	+0,12	—0,09
7	+0,58	+0,37	±0,00	—0,03
8	+0,67	+0,17	—0,01	+0,08
Summe	+3,55	+1,81	+0,28	—0,15
Mittel m	+0,44	+0,23	+0,04	—0,02
Mittel %	+0,35	+0,18	—	—

Tafel 7.
Aeußere Verhältnisse:
sehr günstig.

Lfd. Nr.	Unterer Faden auf m 0,1	0,5	0,9	1,7
1	+0,31	+0,22	—0,12	+0,19
2	+0,19	+0,14	+0,16	—0,07
3	+0,42	—0,02	+0,10	+0,08
4	+0,28	+0,08	—0,04	—0,07
5	+0,12	—0,14	+0,06	+0,01
6	+0,02	—0,10	—0,19	+0,05
Summe	+1,34	+0,18	—0,03	+0,19
Mittel m	+0,22	+0,03	—	+0,03
Mittel %	+0,18	—	—	—

In der Tafel 8 sind die Vorzeichen der Unterschiede aus den Tafeln 4 bis 7 zusammengestellt, so daß der Einfluß der Differentialrefraktion ersichtlich ist.

Tafel 8.

Tafel Nr.	Äußere Verhältnisse	Unterer Faden auf m 0,1 +	0,1 —	0,5 +	0,5 —	0,9 +	0,9 —	1,7 +	1,7 —
4	ungünstig	12	0	12	0	12	0	12	0
5	mittel	17	0	17	0	13	4	9	8
6	günstig	8	0	8	0	4	4	3	5
7	sehr günstig	6	0	3	3	3	3	4	2

Es ergibt sich weiter folgendes:

Bei *ungünstigen* Verhältnissen sind alle Ablesungen des Lattenabschnittes durch die Differentialrefraktion, zum Teil sogar sehr grob, entstellt; der dadurch bedingte Fehler liegt zwischen 0,2 % und 0,8 % der Entfernung.

Bei *mittleren* Verhältnissen sind die Ablesungen des Lattenabschnittes bei 0,1 m Höhe des unteren Fadens über dem Erdboden im Mittel um 0,75 %, zwischen 0,1 und 0,5 m Höhe um Beträge zwischen 0,75 % und 0,4 % einseitig verfälscht. Steht

der untere Faden etwa 1 m hoch über dem Gelände, befindet sich der Mittelfaden also in der rund 1,50 m betragenden Instrumentenhöhe, so sind die Ablesungen nach dem Anblick der Tafel 5 anscheinend nicht mehr einseitig beeinflußt. Tatsächlich wird das aber doch, wenn auch in geringem Maße, noch der Fall sein. Betrachtet man die Reihe der Unterschiede „Unterer Faden auf 1,7 m" als wahre Fehler und leitet daraus den mittleren Fehler m_E der Entfernung ab, so findet er sich zu etwa dem Dreifachen von m_a. Auf m_E wirken natürlich viele Fehlerquellen ein, auf die ich hier nicht näher eingehen will, von denen aber das Luftzittern oder Flimmern genannt sei.

Auch bei *günstigen* Verhältnissen treten zwischen 0,1 und 0,5 m Höhe des unteren Fadens über dem Gelände Einflüsse der Refraktion zwischen 0,45 % und 0,25 % des Lattenabschnittes auf. Bei 0,9 und 1,7 m errechnet sich m_E zu dem Zweifachen von m_a.

Selbst bei *sehr günstigen* Verhältnissen ist dicht über dem Erdboden ein Einfluß der Refraktion nachweisbar. Für die größeren Höhen findet sich m_E zwischen dem Zweifachen und über Dreifachen von m_a.

Wieweit der Einfluß der Differentialrefraktion auf das Messungsergebnis ertragen werden kann, ist eine Frage der für die betreffende Arbeit geltenden Fehlergrenze, also neben einer technischen eine wirtschaftliche. Da bei Feldarbeiten aber mittlere Verhältnisse die Regel sind, häufig ungünstige, selten günstige und sehr selten sehr günstige Beobachtungsumstände auftreten, wird man bei T I die Messung von Zugseiten und von wichtigen Bestimmungsstücken für Grenzen usw. nach Möglichkeit nur mit horizontaler Latte, bei vertikaler Latte nur unter Benutzung des oberen Lattenteiles ausführen. Bei T 0 ist die vertikale Latte ganz zu vermeiden.

9. Auch bei an sich günstigen oder sehr günstigen äußeren Verhältnissen können starke einseitige Fehler dann auftreten, wenn das Gelände zwischen Instrument und Latte nicht eben, sondern gewellt oder hügelig ist, so daß der Zielstrahl stellenweise hart über den Boden hinstreicht. Ich erhielt bei Versuchsmessungen dieser Art einseitige Fehler bis zu 1 % der Entfernung.

Bei horizontaler Latte tritt in ähnlichen Fällen eine Lateralrefraktion ein, über deren Größe bislang nichts bekannt ist.

10. Ich habe versucht, aus meinen Beobachtungen ein Bild von dem zeitlichen Verlauf der durch die Differentialrefraktion hervorgebrachten Störung zu gewinnen, ohne dabei zu einem eindeutigen Ergebnis zu kommen, wie es bei der großen Zahl wirksamer Faktoren von vornherein auch zu erwarten war. Bei mittleren Verhältnissen fand ich in Uebereinstimmung mit L. S. Smith [*7*] und O. Eggert [*10*], daß die Störung ihren Höchstwert etwa zwischen 9 h bis 10^{h} *a* und 2^{h} bis 3^{h} *p* m. o. Z. erreicht. Das sind aber Tageszeiten, die man bei der Stückvermessung meistens nicht ausschalten kann.

Angezogene Schriften.

1. *E. Hammer:* Das Hammer-Fennelsche Topometer. Zeitschr. f. Instrumentenkunde 29. (1909), S. 129—137.
2. *E. Hammer:* Buchbesprechung. Zeitschr. f. Instrumentenkunde 40. (1920), S. 29—32.
3. *M. Ch. Lallemand:* Note sur l'erreur de réfraction dans le nivellement géométrique. Verhandlungen der Konferenz Lausanne 1896 der internationalen Erdmessung (Berlin 1897), Anlage B III d, S. 247—276.
4. *W. Jordan:* Refraktion im Nivellement. Zeitschr. f. Vermw. 27. (1898), S. 97—103.
5. *R. Hugershoff:* Der Zustand der Atmosphäre als Fehlerquelle im Nivellement. (Borna 1907).
6. *Fr. Kohlmüller:* Zur Refraktion im Nivellement. Zeitschr. d. Vereins d. höh. bayer. Vermessungsbeamten 16. (1902), S. 151—189, 242—280, 299—317.
7. *L. S. Smith:* An experimental study of field methods which will insure to stadia measurements greatly increased accuracy. Bulletin of the University of Wisconsin; Engineering Series, 1. (1895), S. 101—145.
8. *M. Petzold:* Die Smith'schen Untersuchungen mit dem Okularfadendistanzmesser. Zeitschr. f. Vermw. 25. (1896), S. 659—665.
9. *W. Jordan—C. Reinhertz—O. Eggert:* Handbuch der Vermessungskunde 2. Bd., 8. Aufl. (Stuttgart 1914).
10. *O. Eggert:* Einfluß der Refraktion auf die Fadendistanzmessung. Zeitschr. f. Vermw. 40. (1911), S. 493—498.
11. *J. Stambach:* Zur optischen Distanzmessung. Schweiz. Geometer-Zeitung 11. (1913), S. 215—223.
12. *S. Bertschmann:* Vortragszyklus in Zürich. Schweiz. Zeitschr. f. Vermw. 18. (1920), S. 110—115, 131—133.

13. *W. Wolf:* Zur Polygonstreckenmessung vermittelst der Feinbewegung des Theodolits. Zeitschr. f. Vermw. 28. (1899), S. 233—249.

14. *M. Kunze:* Ueber die Genauigkeit der Distanzmessung mit Hilfe der Tangentenschraube. Zeitschr. f. Vermw. 30. (1901), S. 349—362.

15. *H. Hohenner:* Der Hohennersche Präzisionsdistanzmesser und seine Verbindung mit einem Theodolit. (Leipzig 1919).

16. *Röthlisberger:* Tachymetrische Messung von Polygonseiten. Zeitschr. f. Vermw. 27. (1898), S. 55—57.

17. *R. Werffeli:* Optische Präzisionsdistanzmessung. Schweiz. Zeitschr. f. Vermw. 17. (1919), S. 54—59.

18. *R. Boßhardt:* Optische Distanzmessung, insbesondere ihre Verwendung bei der Detailaufnahme für Grundbuchvermessungen. Schweiz. Zeitschr. f. Vermw. 20. (1922), S. 27—34.

19. *R. Häfliger:* Kurze Mitteilung über präzisionstachymetrische Detailaufnahme im Instruktionsgebiet II. Schweiz. Zeitschr. f. Vermw. 18. (1920), S. 85—87.

20. *Fr. Wohlgemuth:* Neue Lattenstellvorrichtung. Schweiz. Zeitschr. f. Vermessungswesen 22. (1924), S. 186—189.

21. *F. Brönnimann:* Die Katastervermessung auf Grundlage der in den schweiz. Concordatskantonen und dem eidgen. Forstgebiet geltenden Vorschriften. (Bern 1888.)

22. *J. Bischoff:* Buchbesprechung. Zeitschr. f. Vermw. 17. (1888), S. 121—126.

23. *W. Brückmann:* Ueber Versuche der Registrierung der Oberflächentemperatur des Bodens mit elektrischen Thermometern. Bericht ü. d. Tätigkeit d. Preuß. Meteorol. Inst. 1917—1919 (Berlin 1920), S. 111—116.

24. *R. Wagner:* Die Genauigkeit der Lufttemperaturbestimmung mit Schleuderthermometern. Allg. Verm.-Nachr. 35. (1923), S. 482—485.

25. *G. Hellmann:* Ueber die Aufstellung der Thermometer zur Bestimmung der Lufttemperatur. Bericht ü. d. Tätigkeit d. Preuß. Meteorol. Inst. 1911 (Berlin 1912), S. 59—83.

26. *G. Hellmann:* Zur Bestimmung der Lufttemperatur. Bericht ü. d. Tätigkeit d. Preuß. Meteorol. Inst. 1913 (Berlin 1914), S. (46)—(51).

27. *E. Müller* und *C. Zwicky:* Graphisches Verfahren zur Reduktion optisch gemessener Polygonseiten. Schweiz. Geometer-Zeitg. 16. (1918), S. 240 bis 253.

28. *P. Engi:* Zur optischen Distanzmessung. Schweiz. Zeitschr. f. Vermw. 20. (1922), S. 2—16.

29. *E. Hammer:* Beiträge zur Praxis der Bestimmung der Konstanten entfernungsmessender Fernrohre. Oesterreich. Zeitschr. f. Vermw. 15. (1917), S. 177—198.

30. *O. Eggert:* Die Zielweite beim Nivellieren. Zeitschr. f. Vermw. 43. (1914), S. 249—252.

31. *H. Hohenner:* Ueber das Zielen mit dem Zielfernrohr und das Abschätzen der Lage des Zielfadens auf Teilungen. Zeitschr. f. Vermw. 44. (1915), S. 357—376.

32. *K. Lüdemann:* Ueber den Gebrauchswert eines mittleren Nivellierinstrumentes. Der Landmesser 7. (1919), S. 293—299, 313—318.