

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie = Revue technique suisse des mensurations, du génie rural et de la photogrammétrie

Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessungswesen und Kulturtechnik = Société suisse de la mensuration et du génie rural

Band: 48 (1950)

Heft: 4

Artikel: Die nivellitische Refraktion in dem finnischen Landesnivellement [Schluss]

Autor: Kukkamäki, T.J.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-207433>

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: 21.02.2026

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

SCHWEIZERISCHE ZEITSCHRIFT FÜR
VERMESSUNG UND KULTURTECHNIK

Revue technique Suisse des Mensurations et du Génie rural

Herausgeber: Schweiz. Verein für Vermessungswesen und Kulturtechnik. Offiz. Organ der Schweiz. Gesellschaft f. Photogrammetrie

Editeur: Société Suisse de Mensuration et du Génie rural. Organe officiel de la Société Suisse de Photogrammétrie

REDAKTION: Dr. h. c. C. F. BAESCHLIN, Professor, Zollikon (Zürich)

Redaktionsschluß: Am 1. jeden Monats

Expedition, Administration und Inseratenannahme: BUCHDRUCKEREI WINTERTHUR AG.

Schluß der Inseratenannahme am 6. jeden Monats

NR. 4 • XLVIII. JAHRGANG

der „Schweizerischen Geometer-Zeitung“
Erscheinend am 2. Dienstag jeden Monats

11. APRIL 1950

INSERTATE: 25 Rp. per einspalt. mm-Zeile.
Bei Wiederholungen Rabatt gemäß spez. Tarif

ABONNEMENTE:

Schweiz Fr. 15.—, Ausland Fr. 20.— jährlich
Für Mitglieder der Schweiz. Gesellschaft für
Photogrammetrie Fr. 10.— jährlich

Unentgeltlich für Mitglieder des Schweiz.
Vereins f. Vermessungswesen u. Kulturtechnik

**Die nivellitische Refraktion
in dem finnischen Landesnivellement**

Von Dr. T. J. Kukkamäki, Helsinki

(Schluß)

Das Flimmern des Bildes. Die Temperaturunterschiede in den unteren Luftschichten sind nicht nur systematische, sondern dort kommen Schwankungen von zufälliger Natur vor, und diese verursachen zufällige Fehler im Nivellement.

Am Tage, wenn ein negativer Temperaturgradient herrscht, sind die unteren Luftschichten wärmer und demzufolge leichter als die höheren. Die Luftschichten streben einem Gleichgewichtszustand zu; dies geschieht durch turbulente Strömung. Die nieder- und emporsteigenden Luftblasen sind von etwa zehn Meter Breite, und die gegenseitigen Temperaturdifferenzen belaufen sich durchschnittlich auf 1–2°. Die Luftblasen wirken wie schwachbrechende Prismen, und ihre Bewegung verursacht das schnelle Hüpfen der Zielbilder, das Flimmern. Die Periode des Flimmerns ist von dem Wind und von der Größe des Gradienten abhängig und beträgt unter den beim Nivellement vorkommenden Verhältnissen $\frac{1}{8}$ – $\frac{1}{2}$ sec. Die Amplitude des Flimmerns ist hauptsächlich von dem Temperaturgradienten abhängig und demzufolge ist sie am Morgen klein, wird größer, je größer der Temperaturgradient wird, ist am Mittag am größten und vermindert sich gegen Abend. An einem sonnigen Tage beträgt sie auf eine Zielweite von 50 m etwa 1 mm. Die Verschiebung der

Ziellinie an der Latte hängt von der Entfernung der Latte und der Brechungsstelle ab, und aus diesem Grund ist die Verschiebung proportional der Zielweite. Die Anzahl der Luftblasen ist proportional der Zielweite, aber weil die Blasen zufälligerweise die Ziellinie aufwärts und abwärts brechen, ist die resultierende Verschiebung proportional zu der Quadratwurzel der Zielweite. So ist die Amplitude des Flimmerns proportional zur $3/2$ -Potenz der Zielweite.

Das Flimmern ist gänzlich zufälliger Natur und kann somit keinen systematischen Fehler im Nivellement verursachen. Weil die Periode des Flimmerns ziemlich kurz ist, kann der Beobachter mit verhältnismäßig großer Genauigkeit die Mittellage des hüpfenden Bildes auffassen. Bei starkem Flimmern wird jedoch der Einstellungsfehler zu groß. Das einzige Mittel, den Fehler herabzudrücken, besteht darin, die Zielweite zu verkürzen. Dies ist aber unter einer gewissen Grenze nicht empfehlenswert, da die Vermehrung der Anzahl der Instrumentenstände die Einwirkung der Lageveränderungen der Latten und des Nivelliers vermehrt und die Messungsarbeit auch ökonomisch nachteilig macht. Beim Eintreten solcher Verhältnisse muß man die Arbeit unterbrechen.

Das Schweben des Bildes. Ganz anders verhält es sich zu der Tageszeit, wo der Temperaturgradient positiv ist. Dann herrscht statisches Gleichgewicht zwischen den Luftschichten, und eine turbulente Strömung kommt nicht vor. Das Bild scheint sehr klar und deutlich wie auch unbeweglich, und der Beobachter glaubt, zuverlässige Messungen auszuführen. Aber auch bei ‚Windstille‘ geht in der freien Luft ein Wind von einigen Sekundendezimetern, und demzufolge bewegen sich die Luftschichten langsam auf und ab. Dies verursacht das entsprechende Schweben des Zielbildes. Die Amplitude des Schwebens ist von der Windgeschwindigkeit und dem Temperaturgradienten abhängig. Sie beträgt unter Anwendung von 50 m Zielweite mehrere Zehntelmillimeter, kann aber auch über 1 mm steigen. Die Periode des Schwebens ist von einigen Zehner Sekunden bis zehn Minuten und noch länger. Demzufolge können die verschiedenen Ablesungen in einem Instrumentenstande gut übereinstimmen, obgleich große Refraktionsfehler in sie eingehen.

Das Schweben beim Nivellement ist wegen seiner zufälligen Natur nicht durch Berechnungen zu beseitigen, und die Zielweite ist dabei nicht so leicht zu verkürzen wie beim Flimmern, weil das Schweben weit schwieriger wahrzunehmen ist. Bei positivem Temperaturgradienten, d. h. sehr früh am Morgen und sehr spät am Abend, muß man deshalb die Nivellementsarbeit ganz und gar vermeiden.

Zusammenfassung. Beim Nivellement hängt die Luftrefraktion wesentlich von der Lufttemperatur ab, während die Einwirkung der Veränderungen der anderen mikroklimatischen Faktoren, Luftdruck, Feuchtigkeit und Kohlensäure, unbedeutend ist.

Im ebenen Gelände wird ein wesentlicher Teil der Refraktionseinwirkung durch Anwendung gleicher Zielweiten aus den Nivellementsergebnissen beseitigt. Im Nivellement längs geneigter Strecken bleibt ein systematischer Fehler übrig, die nivellitische Refraktion.

Die nivellitische Refraktion ist proportional zum Temperaturgradienten, zum Quadrat der Zielweite und annähernd proportional zur gemessenen Höhendifferenz.

Bei dem finnischen Landesnivellement wurde die Temperaturdifferenz zwischen den Höhen von 0.5 und 2.5 m mit einem Widerstandsthermometer gemessen und auf Grund dieser Temperaturdifferenzen die nivellitische Refraktion berechnet und in den Nivellementsergebnissen berücksichtigt. Die angewandten Zielweiten bewegten sich zwischen 40 und 60 m; die Arbeit ist bei möglichst kleinem Temperaturgradienten ausgeführt worden. Unter solchen Verhältnissen beträgt die mittlere nivellitische Refraktion +0.06 mm auf eine gemessene Höhendifferenz von +1 m.

Wenn man größere Zielweiten anwendet oder die Messungen bei größeren Temperaturgradienten, d. h. um Mittag und in der Nacht ausführt, steigt die nivellitische Refraktion wesentlich über den oben angegebenen Wert. In jedem Fall hat sie eine wesentliche Bedeutung in Gegenden, wo größere Höhenunterschiede zu nivellieren sind, wie z. B. in der Schweiz.

Bei negativem Temperaturgradienten verursacht die Luftrefraktion einen zufälligen Fehler, das Flimmern, das durch Verkürzung der Zielweite zu bekämpfen ist.

Bei positivem Temperaturgradienten kommt langsames Schweben des Zielbildes vor, was dadurch zu vermeiden ist, daß man nicht zu früh am Morgen und nicht zu spät am Abend arbeitet.

Genauigkeitsuntersuchung über das Verfahren von Bohnenberger-Collins für das Rückwärtseinschneiden mit dem Meßtisch

von C. F. Baeschlin, Zollikon

Das Verfahren von *Bohnenberger-Collins* ist in der neuesten Lehrbuchliteratur beschrieben in *M. Näbauer*, Vermessungskunde, 3. Auflage, 1949, Seiten 179 und 180, und in *B. G. Manton*, Highway Surveying and Setting out, London 1948, p. 183 and 184, also in je einer bedeutenden deutschen und englischen Publikation. Dieses Verfahren besteht darin, den Collinschen Hilfspunkt durch Vorwärtseinschneiden von zwei Tischpunkten aus zu bestimmen, womit dann die Orientierung des Meßtisches nach dem dritten Punkt erfolgen kann.

Da das Verfahren in der Schweiz nicht allgemein bekannt sein dürfte, sei es kurz beschrieben.

a , b , c sei das gegebene Tischdreieck, p der zu bestimmende Neupunkt. Man legt die Kippregelkante an b an, so daß die Ziellinie von b nach a berichtet ist. Der Tisch wird so gedreht, daß die Ziellinie durch den Feldpunkt A geht. Bei dieser Tischorientierung, die gegenüber der rich-