

Zeitschrift: Schweizerische Geometer-Zeitung = Revue suisse des géomètres
Herausgeber: Schweizerischer Geometerverein = Association suisse des géomètres
Band: 11 (1913)
Heft: 4

Artikel: Zur Praxis feiner Lattenmessungen [Fortsetzung]
Autor: Helmerking, E.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-182612>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 15.03.2025

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

Zur Praxis feiner Lattenmessungen.

(Fortsetzung.)

4. *Der Ausweichungsfehler.* Hierunter verstehen wir die Fehler, die erstens aus der seitlichen Abweichung der Messlatten aus der Messebene entstehen und zweitens aus der vertikalen Abweichung von der horizontalen Lattenhaltung. Bei aufliegender Messung kommt hier für den zweiten Fehler das sogenannte Klaffen der Latten in Betracht, das heisst die kleinen Abweichungen von dem mathematischen Schnittpunkt der Lattenlängsachsen. Während diese Klaffungsfehler positiv und negativ ausfallen, wirken beim Staffelmessen die Ausweichungsfehler immer positiv, das heisst verlängernd auf das Resultat ein.

Dem horizontalen Ausweichungsfehler ist bei deutschen Stadtvermessungen dadurch wirksam vorgebeugt worden, dass die Messlinien mit Kreideschnur auf dem Boden abgeschnürt wurden nach 20—25 m entfernten, mit dem Theodolitfernrohr einvisierten Zwischenpunkten. Damit wird dann allerdings dieser Fehler auf ein völlig verschwindendes Mass herabgedrückt. Abgesehen von dem Kosten- und Zeitaufwand ist das Abschnüren nur auf fester und halbswegs ebener Messbahn möglich. In weichem und holprigem Gelände muss man jedenfalls zur optischen Ausrichtung der Messbahn greifen und es ist einleuchtend, dass dies für feine Längenmessungen mit entsprechender Genauigkeit zu erfolgen hat.

(Hierbei sei anmerkungsweise auf eine leider wenig befolgte praktische Messregel bei scharfen Längenmessungen hingewiesen: Wenn eine zu messende Linie auf einem gekrümmten Damme oder längs eines Wasserlaufes teilweise auf die Böschung oder ins Wasser fällt, während in der Krümmungslinie selbst gute Messbahn vorhanden ist, dann ist es besser, in dieser Krümmung zu messen und an der ermittelten Länge die im Kopfe oder mit Rechenschieber bequem zu ermittelnde Korrektionsverkürzung:

Beispiel:

$$K = \frac{(1,5p)^2}{s} \left(\begin{array}{l} p = 0,80; s = 100 \\ k = \frac{1,44}{100} = 0,014 \text{ m} \end{array} \right)$$

anzubringen. Die Pfeilhöhe ist ohne grosse Umstände beim Ausrichten der Linie mit Jalons auf 2—4 cm genau zu bestimmen,

was vollständig ausreicht. Durch solches Verfahren kann viel Zeitaufwand für Staffeln gespart werden, ohne an Genauigkeit der Messung einzubüßen.*)

Zur Verfeinerung des Ausrichtens ist zunächst das genaue lotrechte Aufstellen aller Jalons mit dem Senkel erforderlich. Ist die Messbahn stärker konkav oder konvex gekrümmt, dann sollten schon bei der Polygon-Winkelmessung mit dem Theodolitfernrohr Zwischenpunkte eingerichtet werden, die bei der Längenmessung vortreffliche Dienste leisten. Für scharfes Ausrichten sind ferner dünne Jalons vorteilhafter als dicke. Sehr zweckmässig sind hierbei die 20 mm starken Jalons aus nahtlosem Stahlrohr, die jetzt nicht teurer als hölzerne Jalons und dabei fast von unvergänglicher Dauer sind. Mit solchen dünnen Jalons können die Zwischenpunkte bei Entfernungen unter 100 Meter mit freiem Auge und bei peinlich genauer Lotrechtstellung auf 1 cm scharf eingerichtet werden. Wird nun beim Staffelmessen das vordere Lattenende jedesmal mit dem Senkel von Auge so scharf als möglich in die Messbahn eingewinkelt, dann ist der horizontale Ausweichungsfehler der einzelnen 5 Meterlatte auf maximal 2 cm herunter zu bringen, das ist eine Lattenverkürzung von maximal 0,2 mm pro Latte oder 4 mm pro 100 Meter. Da aber in der Regel eine seitliche Ausweichung nicht auf *eine* Lattenlänge, sondern auf zwei Lattenlängen sich automatisch verteilt, so wird der Maximalfehler des horizontalen Ausweichens bei dieser Messungsweise auf nicht mehr als 2 mm pro 100 m zu bemessen sein.

Der vertikale Ausweichungsfehler aus der fehlerhaften horizontalen Lattenhaltung kann durch die Anwendung von Wasserwagen unschwer auf ein sehr geringes Mass heruntergebracht werden. Bei 10 cm vertikaler Ausweichung beträgt die daraus resultierende Lattenverkürzung 1 mm pro 5 m Latte. Mit einer Wasserwage von 10' Angabe auf 5 mm Blasenabweichung lässt sich die horizontale Lattenlage sicher auf 2 cm erreichen und der vertikale Ausweichungsfehler damit auf 0,05 mm pro Latte oder 1 mm pro 100 m herunterbringen.

Es ergibt sich somit als maximaler Ausweichungsfehler bei dem geschilderten Verfahren 3 mm pro 100 m Streckenlänge.

* Es ist in Band III, Seite 57, unserer Zeitschrift auf ein ähnliches Verfahren hingewiesen worden. Red.

5. *Ausdehnungsfehler der Latten während der Messung.* Hierüber sind umfangreiche Untersuchungen gesammelt und veröffentlicht. Eine umfassende Uebersicht und eindringende, kritische Besprechung nebst sehr wertvollen, eigenen Untersuchungen bringt K. Lüdemann in der „Zeitschrift für Vermessungswesen“ 1912, Seite 409 ff.

Er fasst das Resultat seiner Untersuchungen zusammen in die Leitsätze:

a) *Die Ausdehnungen, welche die gebräuchlichen, hölzernen Messwerkzeuge unter dem Einfluss der Temperatur, sowie der absoluten und der relativen Feuchtigkeit der Luft erleiden, lassen sich nur durch Messung feststellen, bislang unter Einführung der drei genannten meteorologischen Elemente aber nicht mit Sicherheit berechnen.*

b) *Bei Feinmess- und Nivellierlatten, welche aus gut abgelagertem Tannenholz glattfaserig geschnitten und mit einem erprobten Oelfarbeanstrich versehen sind, kann man annehmen, dass die Amplitude der jährlichen Schwankung des Lattenmeters 50 cmm auch unter wenig günstigen Umständen nicht überschreitet; meistens wird sie wesentlich kleiner sein.*

c)

d) *Die Vorschrift der preussischen Katasteranweisung X, dass 5 Meter-Messlatten bei der Prüfung höchstens um $\pm 1,6$ mm von der Solllänge abweichen dürfen, wird sich auch bei sehr guten Latten unter wenig günstigen oder ungünstigen Umständen nicht immer einhalten lassen.*

e) *Die Bestimmung der Länge des Lattenmeters bei Feinmess- und Nivellierlatten darf nicht in bestimmten Zwischenräumen stattfinden; ihre Anordnung muss vielmehr auch den Witterungswechseln Rechnung tragen, soweit die Genauigkeit der Messungen dies erfordert.*

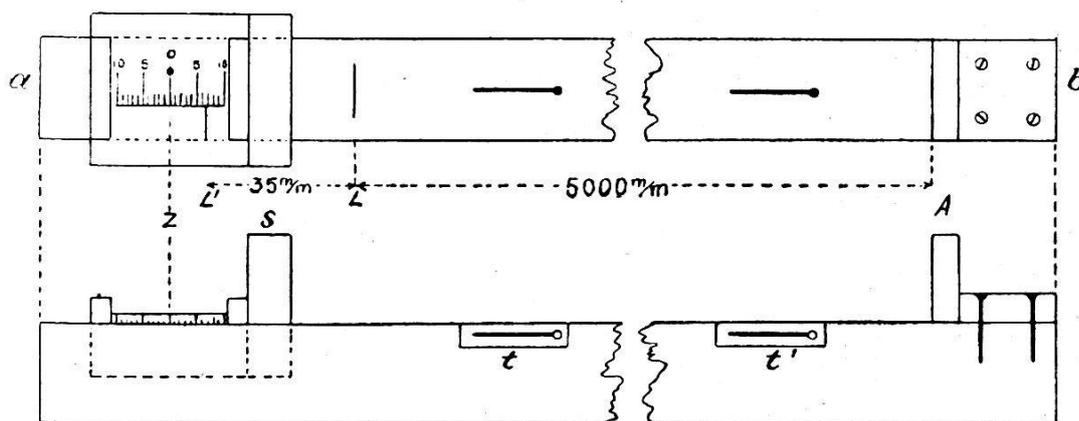
f) *Die Länge einer hölzernen Messlatten-Vergleichseinrichtung muss vor jeder Lattenvergleichung neu ermittelt werden. Die hierzu verwendeten Grundmeter aus Stahl liegen zweckmässig stets frei in dem Vergleichsraum, damit durch Temperaturunterschiede keine wesentlichen Fehler hervorgerufen werden.*

Wenn wir es unternehmen, hier noch die Ergebnisse der Untersuchungen über Längenänderungen an unsern Messlatten

während der Dauer eines Jahres zu veröffentlichen, so tun wir dies mit dem Bewusstsein, dadurch nichts Neues vorzubringen, wohl aber Resultate aus dem praktischen Messbetriebe mit ganz einwandfreien Vergleichsmaßstäben. Während die Untersuchungen der Längenänderungen an Messlatten in den bekannten Publikationen mit verhältnismässig recht primitiven Komparator-Einrichtungen ausgeführt worden — Bestimmung des Abstandes zweier Vergleichsmarken durch Messung mit metallenen Meterstäben und Messkeil, wobei die unvermeidlichen Längenänderungen dieser Stäbe durch das Anfassen nicht eliminiert werden können und in das Resultat eingehen — sind unsere Untersuchungen mit einem Kernschen Latten-Komparator angestellt worden; der zurzeit wohl als der vollkommenste und am einfachsten zu handhabende anzusprechen ist. Der von Professor Rebstein ersonnene, von der Firma Kern & Cie. in Aarau ausgeführte Komparator ist im Prinzip ein 5 m langer Stab aus Siemens-Martinstahl von 35/35 mm Querschnitt, dessen Strichmarke mit einem einfachen Schiebe-Nonius auf $\frac{1}{20}$ mm mit blossem Auge einzustellen ist.

Messlatten-Komparator von Kern & Cie., Aarau.

Grundriss.



Längsschnitt nach a—b.

- A = fester Anschlag.
- S = Anlegeschieber mit Noniusteilung von $\frac{1}{10}$ mm.
- t, t' = Celsius-Thermometer.
- LL' = Strichmarken für 5 Meter Länge.
- AL — ZL' = Länge der eingelegten Messlatte.

Die Längengleichung des Stabes für die 3 Meter- und 5 Meter-Marke ist vom Eidgen. Amt für Mass und Gewicht in Bern ermittelt zu

$$L_t = 2999,37 (1 + 0,000011534t + 0,0000000413t^2) \text{ mm}$$

$$L_t = 4998,95 (1 + 0,000011534t + 0,0000000413t^2) \text{ mm}$$

Hiernach ist eine Gebrauchstabelle für die Temperaturen von 0—30° Celsius berechnet und im aufklappbaren Deckel der Holzkiste angebracht, in der der Komparator gelagert ist. Der Stahlstab ist auf dem Boden der Kiste nicht flach aufgelagert, sondern in zwei Auflegerpunkten, die rund 1,10 m von den Enden des Stabes entfernt sind. *Bessel* hat nämlich nachgewiesen, dass der Unterschied zwischen Biegungskurve und Projektion auf die Horizontale bei einem Stabe zu einem Minimum gemacht werden kann, wenn er nicht in seinen Enden unterstützt wird, sondern in zwei Punkten, die 0,22.L von den Enden entfernt sind. In diesem Falle ist der Durchbiegungsfehler nur $\frac{1}{700}$ des ersteren Betrages.

Es ist klar, dass mit diesem Komparator die Länge einer Messlatte in überaus einfacher und dabei zugleich ungemein scharfer Weise zu messen ist. Da die Entfernung der Strichmarken vom festen Anschlag A und der Ausdehnungs-Koeffizient des Stabes innerhalb der praktisch vorkommenden Temperaturen mit einer Genauigkeit ermittelt sind, die sich innerhalb der Ablesungsschärfe am Nonius bewegt; da zudem die beiden zur Messung der Stabtemperatur eingelegten Thermometer auf die Zuverlässigkeit ihrer Angaben bis auf $\frac{1}{10}$ Celsiusgrad geprüft sind, so gehen in die Längenermittlung keine Fehler ein, als mangelhaft genaues Anlegen der Anschlagflächen und der Ablesefehler am Nonius. Bei der vorauszusetzenden Sorgfalt bei diesen Manipulationen kann daher behauptet werden, dass die Länge einer Messlatte durch einmalige Untersuchung auf diesem Komparator auf 5 cmm genau zu bestimmen ist — mit einem Zeitaufwande von wenigen Minuten!

Mit einem solchen Komparator ist daher die Durchführung des Lüdemannschen Leitsatzes zu e unbedingt ausführbar, da die Längenuntersuchung der tagsüber zu benutzenden Messlatten ohne nennenswerten Zeitverlust erfolgen kann.

Für unsere später zu besprechenden Polygon-Seitenmessungen ist daher auch die tägliche Lattenvergleichung

konsequent durchgeführt — bei plötzlichen Witterungswechseln ist auch nach Beendigung der Messungen die Vergleichung wiederholt. Wie aus den Untersuchungstabellen hervorgeht, wird die *Lüdemannsche* Erfahrung bestätigt, dass die Messlatten während des Gebrauchs in ganz kurzen Zwischenräumen sprunghaften Längenänderungen bis zu 20—25 mm pro Latte unterworfen sein können. Dies allerdings nur bei extremen Verhältnissen, unter denen die Latten gebraucht werden. Im allgemeinen gehen die Längenänderungen langsamer vor sich. Allein ganz unveränderlich sind die Latten fast nie und es ereignet sich häufig, dass von zwei benutzten Messlatten die eine im Laufe des Tages länger oder kürzer geworden, während die andere unverändert geblieben ist. Bei solch ununterbrochener Kontrolle des „Arbeitens“ der Latten kommt man sehr bald zu der Ueberzeugung, dass es bei feinen Längenmessungen ohne tägliche Lattenvergleiche gar nicht geht und dass die Forderung des Artikels 49 der Vermessungsinstruktion vom 15. Dezember 1910, wonach alle drei Tage die Latten abzugleichen sind, die Sache nicht scharf genug präzisiert.

Für Längenmessungen, die auf 100 m eine Genauigkeit von ± 10 mm aufweisen sollen, ist die dreitägige Längenuntersuchung wertlos, da sie die in der Zwischenzeit sicher auftretenden Längenänderungen der Latten nicht erfasst, die die Längenmasse um grössere Beträge fälscht, als die mittlere Längenungenauigkeit betragen soll. Andererseits ist die Vorschrift des Artikels 50 der Vermessungsinstruktion überflüssig, wonach für Instruktionsgebiete II eine Lattenvergleiche am Anfang und nach Beendigung der Polygonseitenmessungen einer Gemeinde vorzunehmen ist. Das kann nur zu der falschen Annahme führen, für die gesamten Messungen etwa einen mittleren Korrektionsfaktor zu benutzen. Wie wir aus den später zitierten Tabellen ersehen, ist das „Arbeiten“ aller Messlatten so unausgesetzt und so widerspruchsvoll, dass man richtigerweise — wenn man auf tägliche Lattenvergleiche verzichten will oder muss — eine mittlere Länge der benutzten Messlatten als gegeben festhält mit dem Bewusstsein, dass sie unter ungünstigen Verhältnissen bis zu $1\frac{1}{2}$ mm länger oder kürzer werden können. Bei einem Verzicht auf tägliche Lattenvergleiche hat daher das Ablesen der Endmasse auf einzelne

Centimeter keinen rechten Sinn, weil dann allein die Längenänderungen der Latten bis auf 3 cm pro 100 m anwachsen können. Unter Berücksichtigung der übrigen auf das Endresultat einwirkenden Messungsfehler würde also in Instruktionsgebieten II auch durch das Ablesen der Endresultate nur auf halbe Dezimeter unter solchen Umständen keine Einbusse an *absoluter* Längengenauigkeit entstehen. Wenn wir nun auch einer solchen Praxis der Ablesung der Endmasse auf halbe Dezimeter nicht das Wort reden wollen — es wäre in der Tat eine Verschlechterung, da in der Regel Hin- und Hermessung unmittelbar hintereinander, also unter denselben Umständen erfolgen, und in der bis auf Centimeter gehenden Ablesung doch eine Kontrolle der *relativen* Messgenauigkeit liegt, die schon ihrer erzieherischen Wirkung halber auf Messgehülfen wie Geometer nicht aufgegeben werden darf — so muss sich aber doch der Geometer klar darüber werden, dass seine Längenmasse ohne tägliche Lattenvergleiche nur *absolute* Genauigkeitswerte von höchstens 2—3 cm pro 100 m haben können.

Aus den hier mitgeteilten Lattenuntersuchungen eines Jahres ergeben sich grösste Aenderungen von 3 mm pro Stunde und Latte. Da die Latten keineswegs ausserordentlich ungünstigen Verhältnissen unterworfen waren, ist der Schluss zulässig, dass sich solche Aenderungen unter allen Umständen einstellen können und dass daher der Geometer in einer dreitägigen Untersuchungspause auf eine Aenderung von 200 mm pro 5 m Latte stossen kann, die seine Längenmasse um 4 cm pro 100 m fälschen würden. Rechnen wir auch nur die Hälfte dieses Betrages als tatsächlich nicht fassbar bei dreitägigen Untersuchungen, so ist derselbe doch so überraschend gross, dass für feine Längenmessungen die tägliche Lattenvergleiche als unbedingt notwendig anzusprechen ist.

6. *Der Anlege- und Ablesefehler.* Nach *Abendroth* a. a. O. ist für Gebiete mit scharfer Punktmarkierung der Anlege- und Ablesefehler für jede Länge auf $\pm 1,5$ cm zu schätzen; nach *Harksen* a. a. O. zu $\pm 2,5$ cm, nach den amtlichen Vorschriften für *Elsass-Lothringen* zu $\pm 1,9$ cm.

Nach Artikel 49 der Vermessungsinstruktion ist für Gebiete I zur Fehlertoleranz $0,001 \sqrt{D}$ noch eine Grösse $\frac{D}{10,000}$ zuzu-

rechnen, welche den Anlege- und Ablesefehler mit enthält. Wir halten für Gebiete mit scharfer Punktmarkierung diese Grösse im allgemeinen für zutreffend. Hier ist ein Anlegefehler von ± 5 mm schon reichlich gerechnet und auch der Ablesefehler, in den auch die Fehler der Unterteilung der Latten eingehen, kann normalerweise auf ± 5 mm Höchstwert geschätzt werden. Bei der vorauszusetzenden Sorgfalt beim Anlegen und Ablesen der Latten wird also ein Maximalfehler von 1 cm nicht überschritten werden. Für sehr kurze Strecken kann allerdings die Grösse $\frac{D}{10,000}$ sehr eng werden.

Für Instruktionsgebiete II^b — unbehauene Marksteine, ohne Kopfloch etc. — wird der nach Artikel 50 mit $\frac{D}{5000}$ vorgesehene Anlege- und Ablesefehler reichlich eng gefasst sein.

Nach Artikel 83 beträgt für zwei unabhängig ausgeführte Längenmessungen die Konstante der Fehlertoleranz für Anlege- und Ablesefehler ± 2 cm. Dieser Wert entspricht also den oben genannten Vorschriften für Elsass-Lothringen und dürfte als amtliche Fehlertoleranz auch zutreffend sein.

Fassen wir nun die Gesamtwirkung der unvermeidlichen Fehler auf unsere Lattenmessungen zusammen in einer Formel:

$$F = \sqrt{k^2 + (a^2 + b^2 + c^2 + d^2 + e^2) s^2}$$

so ergibt sich für eine Länge von 100 m:

$$F = \sqrt{10^2 + (0,0009 + 0,01 + 0,0001 + 0,0009 + 0,0001) 10,000}$$

$$F = \pm 15 \text{ mm.}$$

Diese Gleichung drückt den unvermeidlichen Fehler aus, der bei Messungen in der von uns beschriebenen Weise unter allen Umständen vorkommen kann.

Wenn wir uns aber die unvermeidlichen Fehler daraufhin ansehen, wie sie im einzelnen auf das Endergebnis einwirken mit ihren Vorzeichen und danach eine Wahrscheinlichkeit für das Resultat bei geübter Mannschaft und sorgfältiger Arbeit ermitteln, so bekommen wir für die 100 m Strecke:

$$F = \pm k + (a \pm b + c + d \pm e) 100$$

$$F = \pm 10 + 3 \pm 10 + 1 + 3 \pm 1$$

$$F = + 28 \text{ beziehungsweise } - 14 \text{ mm pro 100 m als Grenzwerte}$$

$$F = + 7 \text{ mm im Durchschnitt}$$

d. h. unter den geschilderten Umständen müssen im allgemeinen die positiven Längenfehler die negativen überwiegen. Das absolute Längenergebnis muss gegen den Sollwert zu gross ausfallen und zwar durchschnittlich 7 mm pro 100 m.

(Schluss folgt.)

Abschied.

Der Regierungsrat des Kantons Zürich, nach Einsicht eines Antrages der Erziehungsdirektion und des Erziehungsrates, beschliesst:

Dem Gesuche des J. J. Stambach, Professor am Technikum in Winterthur, um Entlassung von seiner Lehrstelle und aus dem zürcherischen Schuldienst auf Schluss des Wintersemesters 1912/13 wird unter bester Verdankung der geleisteten Dienste entsprochen —

so lautet der erste Teil der Urkunde, die den Abschluss meiner 35 jährigen Wirksamkeit an der Geometerschule des Technikums bedeutet. Mit schwerem Herzen habe ich der Behörde das Entlassungsgesuch aus einer Stellung eingereicht, die ich während beinahe eines Menschenalters bekleidete, doch eine ernsthafte Selbstprüfung führte mich zu dem Schritte. Ich musste mir eingestehen, dass ich mit meinen 70 Jahren an der Schwelle des Greisenalters stehe und wenn auch die Liebe zum Berufe und die Freude am Wirken für die Jugend und an den volkswirtschaftlichen Aufgaben des Vermessungswesens noch beinahe ungeschwächt in mir leben, anderseits aber die Elastizität und das Mass der geistigen und leiblichen Kräfte in langsamer aber sicherer Abnahme begriffen sind. So stand ich vor der Frage: Kannst du dein Amt für die Zukunft noch in einer Weise ausfüllen, wie du es selbst von einem andern verlangen würdest, könntest du deinen Schülern das bieten, was dir Herzensbedürfnis ist und du für notwendig hältst? Würde es dir noch gelingen, die Jugend zu fesseln und zur Mitarbeit zu begeistern? Wenn mir auch das Nein schwer fiel, so erlaubte mir mein Gewissen doch noch weniger ein überzeugtes Ja. Damit war mein Entschluss gegeben. Er wäre mir noch schwerer geworden ohne die Möglichkeit, auch nach dem Rücktritt von der Lehrstelle an meiner Lebensaufgabe, der Hebung der Geometerbildung und des Vermessungswesens, wenn auch in vermindertem Masse mitzuwirken.