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

Herausgeber: Schweizerischer Geometerverein = Association suisse des géomètres

Band: 18 (1920)

Heft: 10

Artikel: Trigonometrische Längenbestimmung geodätischer Grundlinien nach A. Tichy [Fortsetzung]

Autor: Baeschlin, F.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-186242

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: 14.07.2025

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

mit der gewünschten Genauigkeit abgegriffen werden, und die Koordinaten des Schnittpunktes sind damit bestimmt:

$$x = x_1 + \Delta x_1$$
$$y = y_I + \Delta y_I = y_{II} + \Delta y_{II}.$$

Die vorstehende Figur bezieht sich auf folgendes Beispiel:
Gerade I gegeben durch:

Punkt A: $y = +13919.99 \cdot x = -32396.65.$
Punkt B: $y = +13979.73 \cdot x = -32351.10.$

Gerade II gegeben durch:

Punkt C: $y = +13936.89 \cdot x = -32394.78.$
Punkt D: $y = +13955.36 \cdot x = -32427.51.$

Abgelesen wurde die Abszisse des Schnittpunktes P:

$$x_1 = -32387.20.$$

Die Berechnung von y_I ergibt:

$$\frac{+59.74}{+45.55}(+9.45) = +12.39 + 13919.99 = +13932.38.$$

Die Berechnung von y_{II} ergibt:

$$\frac{-18.47}{+32.73}(+7.58) = -4.28 + 13936.89 = +13932.61.$$

Durch Vergleichung der Werte y_I und y_{II} mit der Figur zeigt sich, dass die abgelesene Abszisse $x_1 = -32387.20$ etwas zu gross ist. Dies ergibt sich auch ohne weiteres durch die Lage des Fehlerdreiecks $P_I\ P_{II}\ P$, das im Masstab 1:10 aufgetragen ist. An diesem Dreieck wurden folgende Werte für die Korrekturen abgelesen:

$\Delta x_1 = +12.3$ cm; $\Delta y_I = +16.3$ cm; $\Delta y_{II} = -6.7$ cm.

Für die definitiven Koordinaten des Schnittpunktes P erhält man:

$$x = x_1 + \Delta x_1 = -32387.20 + 0.12 = -32387.08.$$
$$y = y_I + \Delta y_I = +13932.38 + 0.16 = +13932.54.$$
oder: $y = y_{II} + \Delta y_{II} = +13932.61 - 0.07 = +13932.54.$

Th. Wyss, Grundbuchgeometer.

Trigonometrische Längenbestimmung geodätischer Grundlinien nach A. Tichy.

(Fortsetzung.)

Bis hieher haben wir meist wörtlich die vorerwähnte Veröffentlichung zitiert, weil es uns wichtig schien, den Autor seine Methode selbst einführen zu lassen.

Es folgt dann die

Beschreibung der Messinstrumentengarnitur,

die wir hier nur kurz berühren.

Als Winkelmessinstrument wird ein spezieller Schrauben-Mikroskoptheodolit ohne Höhenkreis der Firma Rudolf und August Rost in Wien verwendet. Kreisdurchmesser 18 cm. Limbus nur in ganze Sexagesimalgrade geteilt.

Ein Lächeln verursacht beim Kenner vielleicht folgender Passus:

« Die mikroskopische Kreisteilung besteht nur aus 360 Gradstrichen und es ist die Unterteilung der ganzen Grade gänzlich den beiden diametralen Mikroskopen aufgebürdet. Denn eine vorzügliche Teilmaschine liefert nur dann möglichst fehlerfreie Kreisteilungen, wenn man auf Unterteilung des Grades verzichtet und sich dafür um so mehr an sorgfältigster Ausführung der nur 360 Gradstriche angelegen sein lässt. Allerdings kann dann von Schraubenmikroskopen mit sehr kleinem Winkelwert eines Trommelpars nicht leicht die Rede sein; doch darf nicht ausser Bedacht gelassen werden, dass eine hochfeine mikroskopische Ablesung zur reinen Illusion wird durch die häufigen Teilungsfehler, wie solche unvermeidlich sind, wenn der Kreis anstatt nur 360 Teilstriche deren Tausende hat. »

Die hundertteilige Mikrometertrommel hat einen Winkelwert von $0^{0}002$ auf 1 pars; indem die beiden diametralen Mikroskopablesungen addiert werden, liefert die Summe $0^{0}001 = 3''6$. Vermittelst Zehntelparsschätzung kommen wir also immerhin auf $0''36$.

Das Fernrohr hat ein Steinheilsches dreifaches Objektiv von 41 mm freier Oeffnung und 243 mm Brennweite. Dazu gehört ein Steinheilsches monozentrisches Okular von 7 mm Brennweite, so dass wir eine 35fache Vergrösserung erhalten.

Das Fernrohr ist auf der Objektivseite durchschlagbar.

Der *Etalon* ist ein aus Invar konstruierter Stab, der an den Enden mit 120 cm Zentrumsabstand zwei Löcher besitzt, die je mit einem feinen weissen Ziegenbarthaar überspannt sind; dies deswegen, damit der Etalon von beiden Seiten verwendet werden kann, ohne dass er berührt werden muss.

Die *Signale* sind so konstruiert, dass sie von den verschiedensten Seiten denselban Punkt markieren, was dadurch erreicht ist, dass ein 3 mm breiter Schlitz in einer Blechwand messerscharfe Ränder besitzt.

Es stellt sich als notwendig heraus, den Theodoliten und den Etalon durch einen Schirm zu schützen. Die Signale dagegen bedürfen keines Schirmes, sondern tragen ein kreisrund zugeschnittenes Schirmtuch mit kurzen, das Signal durchlassenden Schlitzen.

In einem weitern Abschnitt beschäftigt sich der Verfasser mit einer *kurzen Beschreibung der einzelnen Vorgänge «am» Felde.*

Provisorische Richtungsabsteckung der ganzen Grundlinie.

Definitive Absteckung. Um diese zu erleichtern, gibt der Verfasser graphische Rechenhilfsmittel. Wir verweisen diesbezüglich auf die Arbeit.

In bezug auf die *Absteckung der Rautenfiguren* werden praktische Winke gegeben.

Bei der *Winkelmessung* wird Rücksicht darauf genommen, dass die Signale nicht alle gleiche Entfernung vom Theodoliten haben und daher Verstellungen des Okularauszuges nötig werden.

Z. B. die Behandlung des Instrumentenstandes E Figur 3 erfordert folgendes Schema:

Erste	Fernrohrlage:	1.	Richtung	nach	C.	Okularauszugjustierung; Beobachtung
»	»	2.	»	»	A.	Beobachtung
Zweite	»	3.	»	»	A.	»
»	»	4.	»	»	C.	»
»	»	5.	»	»	III.	Okularauszugjustierung; Beobachtung
»	»	6.	»	»	IV.	Beobachtung
Erste	»	7.	»	»	IV.	»
»	»	8.	»	»	III.	»

Weiter wird noch auf *besondere Berechnungsbehelfe* verwiesen zur Bestimmung der Temperaturkorrektion der Längen, hervorgehend aus der Temperaturablesung des Etalons und zur Reduktion der Basis auf den Meereshorizont.

Es folgt dann:

Bericht über in der Praxis ausgeführte Messungen.

Es werden sechs nach der entwickelten Methode bestimmte Basen aufgeführt mit Längen von 3138 m, 1314 m, 931 m, 1263 m, 1643 m und 525 m.

Betrachtet man diese sechs Basen als Stücke einer einzigen von 8814 m Länge, so findet man einen mittleren Fehler aus der Winkelbeobachtung in drei Sätzen von ± 55 mm, also für 1000 m von ± 19 mm.

Aus der Winkelbeobachtung in neun Sätzen
für 8814 m Streckensumme mittlerer Fehler ± 32 mm,
» 1000 » » » » ± 11 »

Die Beobachtungen erfolgten alle im Zweifaktorensystem.

Die Basen No. 4 und 5 wurden bei starkem Wind gemessen; lässt man sie weg, so findet man:

In drei Sätzen:
für 5908.5 m Streckensumme ± 17 mm mittlerer Fehler
» 1000 » » ± 7 » » »

In neun Sätzen:
für 5908.5 m Streckensumme ± 10 mm mittlerer Fehler
» 1000 » » ± 4 » » »

Da im Durchschnitt mit 100 m langen Teilstücken operiert worden ist, so kann man die Kilometer-Ergebnisse vergleichen mit den Angaben von Tafel I; man entnimmt, dass der mittlere Fehler pro Kilometer für einen Winkelfehler von ± 1″ gleich ± 10 mm ist.

Man sieht also, dass die Gesamtgenauigkeit trotz neun Sätzen nicht ganz einem mittleren Winkelfehler von ± 1″ entspricht.

Nach Ausschaltung der Basen No. 4 und 5 erreichen wir schon mit drei Sätzen eine höhere Präzision, als sie der Tafel I zu Grunde liegt.

Wir kommen nun zu den *Schlussbetrachtungen*, auf die wir ihres programmatischen Charakters wegen wieder eingehender eintreten müssen.

In diesen Schlussbetrachtungen polemisiert Tichy gegen die Basismessungen mit Invardrähten mit folgender Begründung:

« Wenn an dieser Stelle auf die in neuester Zeit aktuell gewordene Invardrahtepisode reagiert wird, so geschieht dies vor allem zur Feststellung, dass es bedeutende Fachleute gibt,

welche in ihren Abhandlungen über die Längenmessmethode mit Invardraht ihre Ueberzeugung klar durchblicken lassen: Es seien die bisher auf drahtlose Weise erstellten Landestrianguliermessoperate unverlässlich und folglich remedurbedürftig. Es geschieht ferner zur Feststellung, dass die Invardrahtmethode nicht etwa ein epochaler Fortschritt auf geodätischem Gebiete, sondern eigentlich nur eine episodische Erscheinungsform jener uraltertümlichen Idee ist, welche zur Ermittlung der Entfernung zwischen zwei am Terrain gegebenen Punkten sich der sukzessiven Ausfüllung der Raumdistanz mit irgendwelchen Materialstreifen von bekannter Länge bedienen zu müssen wähnt. Es geschieht schliesslich zur Feststellung, dass es die Möglichkeit eines solchen Kompromisses zwischen der uraltertümlichen und der trigonometrischen Idee einfach nicht gibt, welches die Landestriangulierungs- und die Landmessungsfrage einer definitiv befriedigenden Lösung zuführen könnte; dass folglich vor allem als erster Beitrag zu einer solchen Lösung die Einsicht platzgreifen müsste: wie sehr man durch jene in den Invardrahtabhandlungen noch energischer als jemals zuvor betonte Verquickung dieser beiden heterogenen Ideen abseits tastete von *Steinheils* Idee, welche ihren hohen Rang als richtigste und wichtigste logische Konsequenz der einst von *Reichenbach* mit seiner hervorragend guten Kreisteilmaschine inaugurierten grossen Epoche schliesslich doch und immerdar behaupten wird.

Die Intention, «die Triangulationsnetze mit direkt gemessenen Seiten zu bereichern», ist ja sicherlich im Prinzip richtig und ist von da bis zu der Einsicht, dass halbe Massregeln wenig taugen und — dass man auch solche Dreieckseiten als soviel wie *direkt gemessen* erachten darf, deren Längen vom Etalon aus trigonometrisch ermittelt sind, der Gedankensprung nicht gross.

Tichy stellt fest, dass man früher die Höhen in der Landesvermessung durch trigonometrisches Höhenmessen im Dreiecksnetz zweiter Ordnung ermittelt habe, während man jetzt allgemein der Ansicht sei, dass es rationeller und viel genauer sei, durch das Nivellement vom Kleinen ins Grosse zu arbeiten. Er gibt zu, dass das sich begründe mit der terrestrischen Refraktion; dann wird aber die Behauptung aufgestellt: «Nun ist

aber die Richtungsfortpflanzung der Lichtstrahlen auch im azimutalen Sinne fast unerforschlich wechselvollen Anomalien unterworfen, welche sich ebenfalls um so ausgiebiger geltend machen, je steiler die Visuren und je länger die Dreiecksseiten sind, wo es sogar vorkommen kann, dass dieselben als auf ‚Ablenkung des Lotes' beruhend missdeutet werden. Wäre das nicht der Fall und würden die Lichtstrahlen niemals aus der Vertikalebene seitlich derivieren: dann müsste, trotz den nur sehr wenigen und sehr weit auseinanderliegenden, exakt gemessenen Basislinien denn doch eine derart präzise Ausgleichung der Dreiecksnetze erster Ordnung möglich gewesen sein, dass die sich derzeit bemerkbar machende Sehnsucht nach invardrahtlicher Bereicherung mit ‚direkt gemessenen' Seiten wahrscheinlich kaum hätte erwachen können.»

«Rationell wäre eine derart gründliche Aenderung des bisher konventionellen Prinzips, wie sie sich einst durch den Uebergang vom trigonometrischen Höhenmessen auf das Präzisionsnivellement manifestiert hat. Also: *Von den Bergspitzen zu Tal herunter mit den Dreieckspunkten erster Ordnung. Verzicht auf freie Visur und folglich auch auf Heliotropenlicht. Verzicht auf Messung der Winkel, hingegen Messung aller drei Seiten in einem jeden Dreieck erster Ordnung, in flach gestreckten polygonalen Zügen und zwar trigonometrisch vom Etalon aus. Berechnung der Dreiecksseitenlängen und daraus der Dreieckswinkel nach den Regeln der sphärischen bezw. sphäroidischen Trigonometrie. Einlage ebenfalls trigonometrisch vom Etalon aus, jedoch mit entsprechend vermindertem Genauigkeitsgrade zu messender polygonaler Züge in das Netz erster Ordnung behufs Formierung von Dreiecken zweiter Ordnung. Schliesslich Triangulierung dritter Ordnung nach dem Grundsatze, dass im Flach- und Hügellande 1000 Meter Dreiecksseitenlänge tunlichst eingehalten und im Gebirge eine solche von 5000 Meter niemals überschritten werde.*»

«*Mutatis mutandis* gleicht diese Intention wesentlich derjenigen, aus welcher einst das Präzisionsnivellement hervorgegangen ist. Denn für die Ungenauigkeit der Situationsbestimmung eines geodätischen Punktes ist es gleich, ob die wahre Lage des Punktes durch Winkelmessung oder durch Längenmessung oder durch das Zusammenwirken von beiden verfehlt wurde. Wenn beispielsweise in einem Dreiecksnetz mit rund

121 km langen Seiten, deren Längen alle trigonometrisch vom Etalon aus mit ± 10 mm kilometrischer Genauigkeit bestimmt wurden, die Winkel aus den drei Seiten berechnet werden, so bleibt ein mittlerer Fehler der einzelnen Winkel von nur ± 0.2 " für die Ausgleichsrechnung übrig. Eine so bedeutende Annäherung der noch unausgeglichenen Triangulierungsergebnisse an die Wahrheit ist im konventionellen Triangulierungsverfahren selbst mit Invardraht noch unerreichbar; und zwar aus den gleichen ganz entschieden unüberwindlichen Gründen, welche einst zum Uebergang vom trigonometrischen Höhenmessen im Dreiecksnetze zweiter Ordnung auf das Präzisionsnivellement Anlass gegeben haben.»

Nachdem noch die Kosten der Behandlung des Netzes I. Ordnung der früheren österreichisch-ungarischen Monarchie mit Dreiecken von 121,11 km Seitenlänge mit dem neuen Verfahren zu 960,000 Kronen veranschlagt worden, die Perspektiven auf die Gradmessung, insbesondere in Russland gezogen sind, schliesst die Arbeit mit folgenden Worten:

«Auch über erspriessliche vielseitige Verwertung der Methoden im Bereiche der niedern Geodäsie liesse sich so vieles sagen, was zwar zutreffend und wahr ist, doch im knappen Rahmen dieser blossen Anregungsschrift kaum unterbringbar wäre und auch höchstens nur eine gewisse Unterschätzung der *Macht der Gewohnheit* bedeuten könnte, wenn sich Verfasser an dieser Stelle noch immer nicht als am vorläufigen Schlusse seiner gegenständlichen Mitteilungen angelangt fühlen würde, welcher in den nachstehend kurzgefassten Wortlaut ausklingt:

Was die invardrahtliche Meinung an den vorinvardrahtlichen Landestriangulierungsnetzen als bedenklichen Mangel rügt, ist tatsächlich zutreffend. Des Uebels wahrer Grund liegt aber nicht im vermeintlichen Ueberwiegen des trigonometrischen Prinzips, sondern in der üblichen Art seiner Anwendung. Die drahtlose Geodäsie kann selbst bei ganz und gar ausschliesslich angewandter Horizontalwinkelmessung bisher Unerreichtes leisten, wenn sie mit derselben nicht in den allergrössten, sondern in den allerkleinsten Dreiecken den Anfang macht.»

Bevor wir zu einer Kritik der Tichy'schen Vorschläge schreiten, liegt es uns ob, auf eine Operation hinzuweisen, welche eine praktische Erprobung des Tichy'schen Messverfahrens durch eine unabhängige Instanz darstellt.

Die trigonometrische Abteilung des Militärgeographischen Institutes in Wien führte nämlich im Jahre 1909 einen praktischen Messversuch durch, der einem Programmpunkt von Herrn Tichy in der vorzitierten Abhandlung entsprach. Ueber diesen Versuch finden wir berichtet in *Karl Gaksch, Trigonometrische Längenbestimmung geodätischer Grundlinien.* Mitteilungen des k. und k. Militärgeographischen Institutes, XXIX. Band. Wien, 1910.

Diese Arbeit ist auch als Sonderabdruck erschienen.

Im Anschluss an die zirka 240 Meter lange Vergleichsbasis des Institutes bei Neunkirchen wurde ein fast quadratisches Viereck abgesteckt. Die vier Seiten wurden nach dem Tichyschen Verfahren mittelst eines Dreifaktorensystems bestimmt; weiter wurde eine Diagonale nach dem Vierfaktorensystem bestimmt. Ferner wurden sämtliche Winkel des Viereckes nach der Richtungsmethode in je neun Sätzen gemessen.

Das Viereck wurde dann einer strengen Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate unterworfen; danach wurden aus der Basis die Längen aller in Betracht kommenden Seiten ermittelt.

Die zwölf Viereckswinkel ergaben sich vor der Ausgleichung im Durchschnitt mit einem mittleren Beobachtungsfehler von $\pm$ 0.″66 behaftet; die Ausgleichung aber zeigt einen mittleren Fehler eines gemessenen Winkels von $\pm$ 1.″41 (im Original nach der Ferrero'schen Formel $\pm$ 1,″46 berechnet), so dass der Einfluss der erst im Viereck aufgedeckten Fehlerquellen (wobei die Zentrierung der Instrumente und Signale bei den kurzen Seiten ausschlaggebend sein werden) zu $\pm$ 1.″25 veranschlagt werden kann.

In nicht ganz korrekter Weise wurden dann für alle fünf abgeleiteten Seiten mittlere Fehler berechnet, die sich alle zu $\pm$ 2 mm ergaben.

Dann wurden die fünf Seiten nach dem Tichy'schen Verfahren berechnet. Zunächst ergab sich, dass die Länge des Etalons ungenau angegeben worden war, so dass sich eine Korrektur im Anschluss an die Draht- und trigonometrischen Messungen als nötig erwies (Korrektur von 0.476 mm auf 1.20 m Länge, Korrektur am Logarithmus 1724 Einheiten der 7. Stelle).

Die Ergebnisse der Vergleichung sind in der nachstehenden Tabelle verzeichnet.

Tabelle II.

Raute bzw. Seite	Länge abgeleitet aus der (1) Trigonometrischen Bestimmung	Länge abgeleitet aus der (2) Tichyschen Methode mit korrigiertem Etalon	△ (1)—(2)	Gewicht p	$p \triangle\triangle$
WA	230.708 02 m	230.709 35 m	— 1.33 mm	1	1.77 mm²
WO	240.038 72 »	240.025 13 »	+13.59 »	1	184.69 »
BO	226.877 57 »	226.878 94 »	— 1.37 »	1	1.88 »
AB	231.581 23 »	231.591 32 »	—10.09 »	1	101.81 »
BW	334.191 83 »	334.192 62 »	— 0 79 »	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	0.44 »
Summe	1263.397 37 m	1263.397 36 m			290.59 mm²

Die Gewichtseinheit, das ist eine Raute von rund 230 m Länge, besitzt einen mittleren Fehler von ± 7.62 mm, die ganze nach dem Tichy'schen Verfahren gemessene Länge von rund 1263 m einen solchen von ± 17.05 mm.

Die trigonometrisch von der Basis abgeleitete Strecke von 1263 m hat nach einer Ueberschlagsrechnung einen mittleren Fehler von ± 4,56 mm.

Wenn wir auf Tabelle I hievor abstellen, so wäre für die im Dreifaktorensystem bearbeitete Gesamtstrecke von 929 m ein Fehler von 10.24 mm, für die im Vierfaktorensystem gemessene Diagonale von 334 m ein solcher von 5.79 mm und für die ganze Länge von 1263 m 11.76 mm zu erwarten.

Es werden dann noch einige Anregungen zur Verbesserung der Apparatur gemacht und konstatiert, dass die Messungen unter ungünstigen Verhältnissen stattfanden. Der Bearbeiter, Hauptmann Gaksch, kommt zur Ueberzeugung, dass nach Anbringung dieser Verbesserungen und unter normalen Verhältnissen sehr wohl ungefähr dasselbe zu erreichen sei, wie mit der Invardraht-Methode; er hält die Methode für praktisch brauchbar und entwicklungsfähig.

Damit haben wir unser erstes Ziel erreicht, den Leser mit der Tichy'schen Rautenmethode bekannt zu machen; wir schliessen für heute, um in der Fortsetzung eine Kritik der Methode zu bringen.

(Fortsetzung folgt.)