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: 46 (1948)

Heft: 6

Artikel: Die Anwendung der Rechenmaschine bei der Triangulation

Autor: Oettli, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-205592

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: 09.07.2025

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

zeichen seismographischer Natur; sie sind wohl als Folgeerscheinung des von Waldmeier genannten „Korpuskularschubes" zu betrachten. Minima und Maxima der Kurven bleiben bei 8 und 14 h.

Die Eidg. Landestopographie beabsichtigt, zumindest bis zum Abklingen der jetzigen Fleckenperiode, die Charakteristika der magnetischen Bewegung laufend zu publizieren; sie hofft damit nicht nur das Interesse an diesen Erscheinungen in der Fachwelt zu wecken, sondern einen praktischen Beitrag zur genaueren Bussolenmessung zu leisten. Die Magnetogramme stark gestörter Tage werden von der Landestopographie zur Verfügung allfälliger Interessenten gehalten. Werden die Meßzeiten vom Praktizierenden vorsichtshalber notiert, so ist damit die Möglichkeit gegeben, die Richtungswerte eines Bussolenzuges entsprechend den anormalen Bewegungen des magnetischen Feldes zu korrigieren.

Anderseits möchte die Landestopographie alle Fachleute, die mit genaueren Bussoleninstrumenten arbeiten, ermuntern, ihr allfällig beobachtete starke Deklinations-Anomalien mit Zeit- und Ortsangabe zur Kenntnis zu bringen. Solche Angaben könnten willkommene Hinweise sein für „terrestrische Störgebiete", die von der verhältnismäßig weitmaschigen Brückmannkarte nicht erfaßt wurden.

Magnetisches Bulletin für den Monat April 1948

Sonnenflecken-Relativzahl $R = 189{,}5$

Durchschnittliche Amplitude der Tageskurve $A = 14',5 = 27'$

Ruhige Tage mit mittleren Abweichungen von der Tageskurve von 0–3′: 1., 2., 3., 5., 6., 7., 8., 9., 11., 12., 14., 17., 19., 20., 28–30.

Leicht gestörte Tage mit einzelnen Abweichungen bis 10', jedoch ohne Sturm: 4., 10., 13., 15., 16., 18., 22.–27.

Tage mit einzelnen Abweichungen bis 15', ohne Sturmcharakter: 21.

Magnetische Stürme: keine.

Eidg. Landestopographie, Wabern b/Bern — i. A.: *G. Staub*
25. V. 1948

Die Anwendung der Rechenmaschine bei der Triangulation

Noch im vergangenen Jahrhundert wurden wohl alle Berechnungen in der Feldmessung mit Hilfe der Logarithmen durchgeführt. Nur allmählich fand die Rechenmaschine Verwendung im Vermessungswesen und dies zuerst nur für gewisse Zwecke. In erster Linie wurde sie natürlich dort benützt, wo die Formeln für eine solche Berechnung besonders geeignet sind, was ganz besonders bei der Berechnung von Polygonzügen zutrifft, wo zur Ermittlung einer Koordinatendifferenz ein einfaches Pro-

dukt $s \sin \varphi$ ($\cos \varphi$) gebildet werden muß. Es ist also nur das Aufschlagen *einer* Funktion erforderlich, währenddem für die entsprechende logarithmische Berechnung die Tafel dreimal aufzuschlagen ist. Weniger günstig hingegen ist die Verwendung der Rechenmaschine bei der Triangulation, da der numerische Wert bei der logarithmischen Rechnung meist gar nicht ermittelt wird.

Mit der Entwicklung der Maschinen ist es heute aber durchwegs angezeigt, sie auch für trigonometrische Berechnungen zu verwenden; übrigens ist diese Methode in einigen Ländern bereits eingeführt. Die Formeln für solche Berechnungen, welche sich im allgemeinen von logarithmischen unterscheiden, sind schon lange bekannt; es handelt sich also nur darum, ihre Auflösung so einfach als möglich zu gestalten. Vergleicht man dann die logarithmische Berechnung mit derjenigen der Maschine, so ist eindeutig festzustellen, daß für letztere bedeutend weniger Zwischenresultate zu notieren sind, so daß die ganze Rechnung übersichtlicher gestaltet werden kann. Wird die Triangulation IV. Ordnung mit der Maschine gerechnet, so ist es möglich, außer dem Koordinatenverzeichnis alle für die logarithmische Rechnung notwendigen Formulare in einem einzigen zu vereinen. Dieses dient also gleichzeitig als Abriß und als Berechnungsformular, wobei Zentrierungsrechnung und die ganze Höhenrechnung ebenfalls auf diesem ausgeführt werden können. Der Übertrag der verschiedenen Werte in den Abriß und in die Höhenrechnung fällt somit weg, was nicht nur eine Zeitersparnis, sondern auch eine Verminderung von Fehlermöglichkeiten bedeutet.

Ein anderes Anwendungsgebiet ist die Bestimmung des einfachen Vorwärtsschnittes, der sich für das Maschinenrechnen sehr gut eignet. Wie aus einem weiteren Abschnitt ersichtlich ist, wird nämlich mit der entsprechenden Formel eine sehr rasche Lösung der Rechnung erreicht.

Im Folgenden sei nun die Art und Weise erläutert, wie die verschiedenen Operationen am besten durchgeführt werden. Dabei ist bei allen Berechnungen eine Maschine mit mindestens 13stelligem Resultatwerk vorausgesetzt.

Die Azimutrechnung

Folgendes Beispiel diene zur Erläuterung:

	Y	X
P_1 :	+ 25 088,86	— 35 458,63
P_2 :	+ 26 146,40	— 35 884,28
Δ :	+ 1 057,54	— 425,65

Aus dem Verzeichnis werden die Koordinaten von P_2 und nachher diejenigen von P_1 abgeschrieben, von denen nur die 6 letzten Stellen zu berücksichtigen sind (die 10er-km werden weggelassen); in der Maschine erscheinen somit der Reihe nach folgende Zahlen:

Resultatwerk

6146400000000

Einstellwerk $-\uparrow$

588428

Nachdem Y_2 in den vordern Teil des Resultatwerkes gebracht worden ist, wird X_2 in dessen letzte Stellen eingeführt.

6146399411572
$-\uparrow$ $+\uparrow$
508886 545863

Die Koordinaten von P_1 werden mit umgekehrten Vorzeichen, sonst aber gleich wie diejenigen von P_2 ins Resultatwerk gebracht. Man erhält, somit die Koordinatendifferenzen.

1057539957435
$+\uparrow$
42565

ΔX (im Beispiel negativ) wird nun noch ins Einstellwerk abgeschrieben und durch Übertrag ins Resultatwerk in diesem gelöscht. Vorher muß von „Addition" auf „Multiplikation" umgestellt werden, damit ΔX im Einstellwerk nicht verschwindet; dieses wird nachher direkt zur Division von ΔY gebracht, welches nun noch allein im Resultatwerk erscheint. Die Division ergibt:

$\operatorname{tg} \varphi = 2{,}484529$ und das entsprechende Azimut
$\varphi = 124^{G}\ 36^{c}\ 04^{cc}$

Ist außer dem Azimut auch die Distanz P_1—P_2 zu ermitteln, so wird vor der Division die Größe ΔY herausgeschrieben und wenn nötig der Quadrant mit einer Zahl (0, 1, 2, 3,) angemerkt entsprechend den Vorzeichen der ΔY und ΔX (z. B. 1 = 1.. ^{G} = 2. Quadrant). Nach der Division, welche $\operatorname{tg}\varphi$ ergibt, wird φ aus der Tafel bestimmt und gleichzeitig $\cos\varphi$ herausgelesen. Die in der Maschine erschienenen Zahlen werden bis auf die Größe ΔX gelöscht, welche aus dem Einstellwerk vorne in das Resultatwerk gebracht wird. Das Einstellwerk wird nun ebenfalls gelöscht, um den Wert $\cos\varphi$ in dieses zu bringen, was die Division $\frac{\Delta X}{\cos\varphi} = D$ ermöglicht. Als Kontrolle wird auch $\frac{\Delta Y}{\sin\varphi} = D$ gerechnet, wofür vorher das ΔY herausgeschrieben wurde.

Der Vorwärtsschnitt

Die Formeln für die Rechenmaschine lauten:

$$X - X_1 = \frac{(Y_2 - Y_1) - (X_2 - X_1)\operatorname{tg}\varphi_2}{\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_2}; \qquad Y - Y_1 = (X - X_1)\operatorname{tg}\varphi_1$$

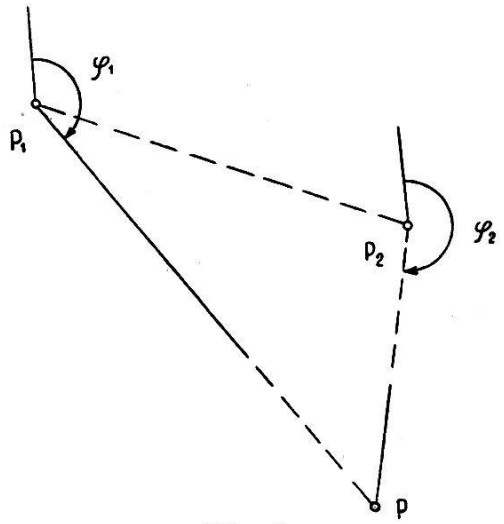

Fig. 1

Im Beispiel werden hier dieselben Punkte P_1 und P_2 benützt wie bei der Azimutrechnung; die Azimute und ihre Tangenten sind:

$$\varphi_1 = 160^G\ 57'\ 70'' \qquad \operatorname{tg}\varphi_1 = -0{,}71278$$
$$\varphi_2 = 213\ \ 76\ \ 10 \qquad \operatorname{tg}\varphi_2 = +0{,}21959$$
$$|\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_2| = \quad 0{,}93237$$

Sobald diese Tangenten und deren Differenz gebildet sind, wird mit der Berechnung auf der Maschine begonnen. Es wird nun genau gleich vorgegangen wie wenn das Azimut P_1—P_2 berechnet werden sollte, nur wird ΔY nicht mehr dividiert durch ΔX, sondern verkleinert um $(X_2—X_1)$ tg φ_2. Das Beispiel aus dem ersten Abschnitt kann somit einfach fortgesetzt werden:

1057540000000
× 021959
42565

$(X_2—X_1)$ wird wie bei der Azimutrechnung nach vorne gebracht, nachher aber mit — tg φ_2 multipliziert (im Beispiel ist $(X_2—X_1)$ negativ, d. h. das Minuszeichen der Formel fällt weg).

1151008483500
: $= X—X_1$
93237

Nachdem also der Wert

$$(Y_2 - Y_1) - (X_2 - X_1)\operatorname{tg}\varphi_2$$

gerechnet ist, wird das Einstell- und Multiplikationswerk gelöscht, um (tg φ_1 — tg φ_2) einzustellen. Durch Division erhält man das Gesuchte $X—X_1$ (im Beispiel = 1234,50).

0879926910000
× 071278
123450

Diese im Multiplikationswerk erscheinende Größe wird nach Löschung des Einstellwerkes in dieses abgeschrieben und nach Löschung der übrigen Werke mit tg φ_1 multipliziert. Das Ergebnis ist $Y— Y_1$ (im Beispiel = 879,93).

Dieses und $(X—X_1)$ werden, mit den Vorzeichen ihres Quadranten versehen, erst jetzt abgeschrieben und die Summe mit den Koordinaten von P_1 gebildet; somit ergeben sich die Werte Y und X:

P_1 :	+ 25 088,86	— 35 458,63
Δ :	+ 879,93	— 1 234,50
P :	+ 25 968,79	— 36 693,13

Theoretisch spielt es für die Berechnung keine Rolle, welcher Punkt als P_1 und welcher als P_2 gewählt wird. Praktisch wird man jedoch darauf achten, daß tg φ_2 nicht allzu groß wird, da sonst das Produkt mit $(X_2—X_1)$ für die Maschine zu groß werden kann.

Die Höhenrechnung

Zur Vorbereitung werden alle Tangenten der Höhenwinkel ermittelt, sowie die Größen: Erdkrümmung — Refraktion $(E—R)$, Instrumentenhöhe (I), Signalhöhe (S) und wenn nötig die Höhen- und Projektions-Verzerrung (δ). Es kann nun leicht die Höhe $H = H_1 + D \operatorname{tg} \beta + (E—R) + I — S$ berechnet werden. Wenn auch die Höhen- und Projektionsverzerrung berücksichtigt werden sollen, können die entsprechenden Koeffizienten leicht mit dem Rechenschieber gerechnet oder aus der später angegebenen Tabelle herausgelesen werden.

Höhenverzerrung: $\frac{dh}{h} = \frac{H}{r}$ (H = Höhe des angezielten Punktes, r = Erdradius)

Projektionsverzerrung:

$$\frac{ds}{s} = -\frac{X^2}{2r^2}$$ (X = Abszisse des angezielten Punktes, Nullpunkt in Bern)

Zur Berechnung der Projektionsverzerrung genügt bei der Höhenrechnung die Berücksichtigung des ersten Gliedes der Reihenentwicklung, welches sich wie die Höhenverzerrung nur auf den angezielten Punkt bezieht.

Die Korrekturgröße für den Höhenunterschied beträgt also:

$$h\left(\frac{H}{r} - \frac{X^2}{2r^2}\right) = h \cdot \delta$$

Um diese zu berücksichtigen berechnet man am besten nur den Höhenunterschied $h = H — H_1$, indem das Produkt $D \cdot \operatorname{tg} \beta$ bestimmt wird, zu welchem dann die Größe $(D \cdot \operatorname{tg} \beta) \cdot \delta$ zu addieren ist. Es genügt dabei vom Klammerausdruck nur die ganzen Meter zu berücksichtigen.

Tabelle für die trig. Höhenrechnung

$$E - R = \frac{D^2 (1-k)}{2r} = 0{,}0683\, D^2$$

$E - R$, H in m; D, X in km
$r = 6370$ km; $k = 0{,}13$

Korr. für Höhe

$$\frac{dh}{h} = \frac{H}{r} = 0{,}1570\ 10^{-6}\ H \qquad \Delta \log = M \frac{H}{r} = 0{,}06808\ 10^{-6}\ H$$

$h = H - H_1$, H = Höhe des Zielpunktes

Korr. für Proj.

$$\frac{ds}{s} = -\frac{1}{2r^2} X^2 = -0{,}01232\ 10^{-6}\ X^2$$

$$\sigma = -\frac{M}{2r^2} X^2 = -0{,}005342\ 10^{-6}\ X^2$$

D km	$E-R$ m	D km	$E-R$ m	H M. ü. M.	$\frac{dh}{h}$ 0,000	X km	$\frac{ds}{s}$ 0,000
0,271		1,210	0,1	127	020	20,1	005
0,469	0,01	1,711	0,2	255	040	28,5	010
0,605	0,02	2,096	0,3	382	060	34,9	015
0,716	0,03	2,420	0,4	510	080	40,3	020
0,812	0,04	2,706	0,5	637	100	45,0	025
0,897	0,05	2,964	0,6	764	120	49,3	030
0,976	0,06	3,201	0,7	892	140	53,3	035
1,048	0,07	3,422	0,8	1019	160	57,0	040
1,115	0,08	3,630	0,9	1147	180	60,4	045
1,179	0,09	3,826	1,0	1274	200	63,7	050
1,240	0,10	4,013	1,1	1401	220	66,8	055
1,297	0,11	4,191	1,2	1529	240	69,8	060
1,353	0,12	4,363	1,3	1656	260	72,6	065
1,406	0,13	4,527	1,4	1784	280	75,4	070
1,457	0,14	4,686	1,5	1911	300	78,0	075
1,506	0,15	4,840	1,6	2038	320	80,6	080
1,554	0,16	4,989	1,7	2166	340	83,1	085
1,601	0,17	5,134	1,8	2293	360	85,5	090
1,646	0,18	5,274	1,9	2421	380	87,8	095
1,690	0,19	5,411	2,0	2548	400	90,1	100
1,732	0,20	5,545	2,1	2675	420		
1,774	0,21	5,675	2,2	2803	440	94,5	110
1,815	0,22	5,803	2,3	2930	460	98,7	120
1,855	0,23	5,928	2,4	3058	480	102,7	130
1,894	0,24	6,050	2,5	3185	500	106,6	140
1,932	0,25	6,170	2,6			110,3	150
1,970	0,26	6,287	2,7	3503	550	114,0	160
2,007	0,27	6,403	2,8	3822	600	117,5	170
2,043	0,28	6,516	2,9	4140	650	120,9	180
2,078	0,29	6,627	3,0	4459	700	124,2	190
	0,30			4777	750	127,4	200

In einem Beispiel seien folgende Größen gegeben:

$D = 1006{,}64$ m: $(E-R) = 0{,}07$ m; $\beta = -2^{G}\,15'\,08''$: $|\operatorname{tg}\beta| = 0{,}033798$

$H = 1618$ m: $\frac{dh}{h} = 254 \cdot 10^{-6}$; $I = 1{,}684$ m; $S = 2{,}200$ m;

$X = 36{,}693$ km: $\frac{ds}{s} = 17 \cdot 10^{-6}$; $\delta = 237 \cdot 10^{-6}$

0340224187200
× 033798
100664

Die Multiplikation $D \cdot \operatorname{tg}\beta$ ergibt $h \approx 34$ m.

0340304767200
× 0237
34

Vergrößert um $h \cdot \delta$ ergibt die Berücksichtigung der Höhen- und Projektionsverzerrung.

0322764767200
+ ↑
2200

Nachdem nun die Instrumentenhöhe I, dann $(E-R)$ addiert (subtrahiert) worden sind, wird S subtrahiert (addiert).
Bei negativem Höhenwinkel gelten die Klammern (wie im Beispiel).

Das Resultat ergibt $h = -34{,}476$ m.

Wie aus der Formel für die Höhenrechnung ersichtlich ist, benötigt man dafür verschiedene Größen, die vorteilhaft in einer kleinen Tabelle (s. d.) angegeben werden. Zum Teil sind diese Werte für die numerische Rechnung andere als für die logarithmische, weshalb hier alle diese Größen und deren Formeln zusammengestellt sind.

(Schluß folgt)

Albert Müller, Basel †

Am 13. Mai 1948 starb in Basel unser lieber Kollege Albert Müller, Adjunkt des Kantonsgeometers, an den Folgen einer schweren Operation, die sein geschwächter Körper nicht mehr überstehen konnte. Albert Müller, von Basel und von Holzenstein (Thurgau), wurde am 28. Februar 1885 in Romanshorn geboren und verlebte daselbst mit sieben Geschwi-