Paper-ID: VGI_190707

Zur Bestimmung der Konstanten eines distanzmessenden Fernrohres

Florian Lederer

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen **5** (3–4), S. 38–46

1907

BibTeX:


```
@ARTICLE{Lederer_VGI_190707,
Title = {Zur Bestimmung der Konstanten eines distanzmessenden Fernrohres},
Author = {Lederer, Florian},
Journal = {{\"O}sterreichische Zeitschrift f{\"u}r Vermessungswesen},
Pages = {38--46},
Number = {3--4},
Year = {1907},
Volume = {5}
}
```

(siehe Fig. 4) trägt die frei bewegliche Teilung (in Millimeter). Ihr Nullpunkt liegt mit dem tiefsten Punkt des Indexeinschnittes A identisch. Ein Nonius N mit einer Stichnadel gestattet jede beliebige Länge PQ bis auf 0·1 *mm* genau abzustechen.

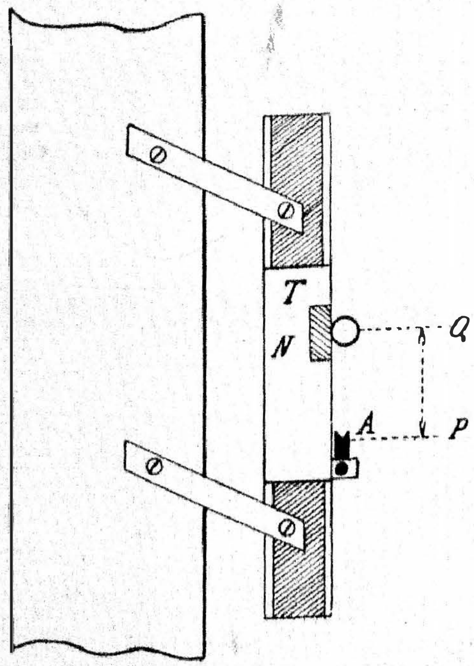

Fig. 4

Beim Gebrauch wird das Parallellineal und die bewegliche Teilung solange verschoben, bis der Indexpunkt mit dem Standpunkt (auf dem Meßtischblatte) sich deckt, die Differenz der Lattenablesungen wird hierauf auf dem Nonius abgeschoben und mit der Nadel auf dem Papier fixiert.

Es empfiehlt sich das erstemal den Lattennullpunkt direkt einzustellen, worauf die zweite Lesung direkt die Distanz gibt.

Die Vorteile einer solchen Kippregel brauchen wohl nicht besonders hervorgehoben zu werden. Der Wegfall jeder Längenmessung selbst im kopierten Terrain oder über Wasserflächen hin; die Möglichkeit einer Aufnahme im beliebigen Maßstab gleich auf dem Felde, wodurch die Möglichkeit geboten wird, den Papiereingang zu berücksichtigen und dieses ohne alle Rechnung und ohne komplizierte Einrichtungen, das sind Vorteile, welche dieser Konstruktion den Vorrang vor allen anderen sichern. Werden die Lesungen notiert, so hat man zugleich die Längen der Strahlen mit einer der Tachymetrie gleichkommenden Genauigkeit, was oft von Vorteil sein kann.

Das Instrument wird zum Preise von 500 Kronen von der Firma R. & A. Rost in Wien (XV., Märzstraße 7) geliefert.

Die Rektifikation unterscheidet sich durch nichts von jener der gewöhnlichen Kippregel.

Zur Bestimmung der Konstanten

eines distanzmessenden Fernrohres.

Die Gleichung eines distanzmessenden Fernrohres für nahezu horizontale Visur, nämlich

$$D = CL + c \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; 1)$$

(D = Distanz, L = Lattenabschnitt) kann zur gleichzeitigen Bestimmung der Konstanten C und c auf die Form

$$\frac{D}{C_0} \cdot \frac{C_0}{C} - \frac{c}{C} = L \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; 2)$$

gebracht werden, worin C_0 einen Näherungswert für C (gewöhnlich 100, 200, 50 oder 80) bedeutet.

Setzt man hierin

$$\left.\begin{aligned} \frac{C_0}{C} &= 1 + x \\ \frac{c}{C} &= \quad y \end{aligned}\right\} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 3)$$

so erhält man die Gleichung

$$\frac{D}{C_0} x - y = L - \frac{D}{C_0} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 4)$$

Führt man weiter ein

$$\left.\begin{aligned} \frac{D}{C_0} &= a \\ -1 &= b \\ L - \frac{D}{C_0} &= o \end{aligned}\right\} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 5)$$

so ergibt sich die allgemeine Form der Bestimmungsgleichungen für vermittelnde Beobachtungen:

$$ax + by = o \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 6)$$

Diese Gleichung wird in bekannter Weise für n verschiedene Distanzen D ausgewertet und gibt die n Bestimmungsgleichungen

$$\left.\begin{aligned} a_k x + b_k y &= o_k + v_k \\ k &= 1, 2 \ldots n. \end{aligned}\right\} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 7)$$

mit den Gewichten p_k, aus denen die Normalgleichungen

$$\left.\begin{aligned} [paa]\, x + [pab]\, y &= [pao] \\ [pba]\, x + [pbb]\, y &= [pbo] \end{aligned}\right\} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad \mathrm{I})$$

abgeleitet werden.

Aus Gleichung 3) rechnen sich dann

$$\left.\begin{aligned} C &= \frac{C_0}{1 + x} = C_0 \,(1 - x + x^2 - x^3 \ldots \ldots) \\ c &= Cy = \frac{C_0 y}{1 + x} = C_0 y \,(1 - x + x^2 - x^3 \ldots) \end{aligned}\right| \quad \ldots \ldots \quad \mathrm{II})$$

Zur Berechnung der mittleren Fehler dieser Konstanten ermittelt man zunächst aus Gleichung 7) die Verbesserungen

$$v_k = a_k x + b_k y - o_k \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 8)$$

und daraus den mittleren Fehler der Gewichtseinheit

$$M = \sqrt{\frac{[pvv]}{n - 2}} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 9)$$

Aus den Gewichtsgleichungen

$$\left.\begin{aligned} [paa]\, Q_{11} + [pab]\, Q_{12} &= 1 \\ [pba]\, Q_{11} + [pbb]\, Q_{12} &= 0 \\ [paa]\, Q_{21} + [pab]\, Q_{22} &= 0 \\ [pba]\, Q_{21} + [pbb]\, Q_{22} &= 1 \end{aligned}\right| \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 10)$$

werden die Gewichtskoeffizienten Q erhalten und dann die mittleren Fehler in x und y:

$$\left.\begin{aligned} m_x &= m \sqrt{Q_{11}} \\ m_y &= m \sqrt{Q_{22}} \end{aligned}\right\} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad \mathrm{III})$$

Nach der Gleichung II) ergibt sich sofort der mittlere Fehler in C

$$m_C = \pm C_0 m_x (1 - 2x + 3x^2 \ldots) \quad \ldots\ldots\ldots \text{IV)}$$

Der mittlere Fehler in c kann aus der Gleichung II):

$$c = \frac{C_0 y}{1 + x},$$

oder umgeformt: $$c = C_0 y - cx$$

berechnet werden, wenn man in cx den Faktor c als fehlerfreien (abgerundeten) Koeffizienten betrachtet, und zwar nach der Gleichung:

$$m_c^2 = m^2 \{c^2 Q_{11} - 2c C_0 Q_{12} + C_0 Q_{22}\} =$$

$$C_0^2 m^2 Q_{22} \left\{ 1 - 2 \frac{c}{C_0} \frac{Q_{12}}{Q_{22}} + \left(\frac{c}{C_0}\right)^2 \frac{Q_{11}}{Q_{22}} \right\};$$

daraus erhält man mit Benützung der Gleichungen 10) und III);

$$m_c = C_0 m_y \sqrt{1 + 2 \frac{c}{C_0} \frac{[pab]}{[paa]} + \left(\frac{c}{C_0}\right)^2 \frac{[pbb]}{[paa]}} \quad \ldots\ldots \text{11)}$$

Hierin haben die Quotienten $\frac{[pab]}{[paa]}$ und $\frac{[pbb]}{[paa]}$ Werte, die sich der Zahl 1 nähern, wenn das Mittel der benutzten Distanzen D der Größe C_0 in Metern entspricht. In keinem Falle aber sind sie imstande, den Charakter der mit ihnen verbundenen Glieder als Größen abnehmender Ordnung zu verändern. Man wird daher das dritte Glied unter dem Wurzelzeichen stets vernachlässigen können. Das Übrige gibt

$$m_c = \pm C_0 m_y \left(1 + \frac{c}{C_0} \cdot \frac{[pab]}{[paa]}\right) =$$

$$\pm \left\{ C_0 m_y + c m_y \frac{[pab]}{[paa]} \right\} \quad \ldots\ldots\ldots \text{V)}$$

Die abgeleiteten Gleichungen lassen sich in der Regel noch weiter praktisch vereinfachen, so daß folgende Ausdrücke zur Rechnung benützt werden können:

$$C = C_0 - C_0 x \quad (+ C_0 x^2) \quad \ldots\ldots\ldots \text{II')}$$

$$m_C = \pm C_0 m_x \quad (-2 C_0 x m_x) \quad \ldots\ldots\ldots \text{IV')}$$

$$m_c = \pm C_0 m_y \quad \left(+ c m_y \frac{[pab]}{[paa]}\right) \quad \ldots\ldots\ldots \text{V')}$$

Die eingeklammerten Ausdrücke bedeuten hiebei die Vernachlässigungen, die mit Ausnahme von II') hat stets weggelassen werden können.

Die durch die Gleichung 4) dargestellte Umformung hat zunächst den theoretischen Vorzug, daß die Größe, die unmittelbar beobachtet wird, nämlich der Lattenabschnitt L, in der Bestimmungsgleichung nur als Absolutglied $o = L - \frac{D}{C_0}$ auftritt, während in der Form der Gleichung 1):

$$LC + c = D \text{ oder für}$$

$$C = C_0 + C' \text{ gesetzt,} \quad \ldots\ldots\ldots \text{12)}$$

$$LC' + c = D - LC_0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{13)}$$

L immer auch als Koeffizient der einen Unbekannten C vorkommt, ein Umstand, der im Widerspruche steht mit der Forderung, daß die Koeffizienten der Unbekannten fehlerfreie Größen seien. Dieses Bedenken wird allerdings praktisch hinfällig, wenn, wie es ja geschehen soll, der Näherungswert C_0 und die Gleichung 13) benützt werden, wobei C' und c nur kleine Werte haben, so daß auch der Koeffizient L so weit abgerundet werden kann, daß der Beobachtungsfehler von L in der Abrundung verschwindet.

Dagegen hat der Koeffizient L den praktisch fühlbaren Nachteil, daß er trotz der Abrundung eine mehrziffrige Zahl bleibt, die die Rechenarbeit bei der Bildung der Normalgleichungen vermehrt; außer man gestattet sich die weitere Näherung, statt L den Ausdruck $\frac{D}{C_0}$ zu setzen, der bei zweckmäßiger Wahl der Entfernungen eine einfache Zahl darstellt.*)

Die Gleichung 13) lautet dann

$$\frac{D}{C_0}C' + c = D - LC_0 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; 14)$$

Diese Näherung gründet sich auf die Beziehung

$$D \backsim LC_0,$$

vernachlässigt also zunächst die Konstante c, was unbedenklich ist, dann aber auch die Ergänzung C'. Die Berechtigung dieser Vernachlässigung hängt natürlich von der Größe von C' selbst ab; da diese aber bei Beginn der Rechnung unbekannt ist, so wird man eine Wiederholung der Rechnung vornehmen müssen, wenn sich C' als für seine Vernachlässigung zu groß ergibt. Bis zu welcher Grenze nun C' vernachlässigt, d. h. die Gleichung 14) statt 13) benützt werden kann, ergibt sich aus folgender Betrachtung.

Vergleicht man die Gleichung 4), nämlich

$$\frac{D}{C_0}x - y = L - \frac{D}{C_0} = -\frac{1}{C_0}(D - LC_0)$$

oder

$$\frac{D}{C_0}(-x) + y = \frac{1}{C_0}(D - LC_0)$$

mit der Gleichung 14), nämlich

$$\frac{D}{C_0}C' + c = D - LC_0,$$

so sieht man, daß sich aus letzterem Systeme

$$C' = -C_0x$$

ergeben muß.

Damit wird nach Gleichung 12)

$$C = C_0 - C_0x, \text{ während richtig nach Gleichung 11)}$$
$$C = C_0 - C_0x + C_0x^2 \; . \; . \; . \; . \text{ ist.}$$

Der Fehler beträgt also C_0x^2.

Man wird den Fehler C_0x^2 vernachlässigen dürfen, wenn er im unvermeidlichen (d. i. mittleren) Fehler m_c von C aufgeht. Dieser äußert sich nun gewöhnlich in der zweiten Dezimalstelle; es soll daher die Gesamtwirkung der beiden Fehler die zweite Dezimalstelle von m_c nicht ändern dürfen. Diese Bedingung,

*) Siehe Jordan-Reinhertz: Handbuch der Vermessungskunde 1904, Seite 715—716.

die natürlich je nach Umständen abgeändert werden kann*), läßt sich durch die Gleichung ausdrücken:

$$m_0^2 + (C_0 x^2)^2 \leqq (m_0 + 0.005).$$

Daraus erhält man

$$C_0 x \leqq 0.316 \sqrt{C_0}\, \sqrt[4]{m_0} + \frac{19.3 \times 10^{-4}}{\sqrt[4]{m_0^8}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; 15)$$

Das zweite Glied kann man unter den gegebenen Verhältnissen vernachlässigen und $C_0 x \sim C'$ setzen. Damit ergibt sich für $C_0 = 100$:

$$C' \leqq 3.16 \sqrt[4]{m_0} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; 16)$$

d. i. der Betrag um den der Näherungswert C_0 vom richtigen Wert C abweichen darf, um Gleichung 14) statt Gleichung 13) verwenden zu können.

Folgende Tabelle gibt spezielle Werte der Gleichung 16)

m_0 =	0·01,	0·02,	0·03,	0·04,	0·05,	0·06,	0·07,	0·08,	0·09,	0·10
C'_{max} =	1·0,	1·2,	1·3,	1·4,	1·5,	1·6,	1·6,	1·7,	1·7,	1·8.

Die Gewichte p_k der Bestimmungsgleichungen 7) können in bekannter Weise unter Annahme eines bestimmten Zusammenhanges zwischen dem Fehler des Lattenabschnittes und der Entfernung ermittelt werden; z. B.

$$\left.\begin{array}{llll} \text{für } m = \lambda' D & \text{sind die Gewichte} & p \sim \dfrac{1}{D^2} \sim \dfrac{1}{a^2} \\ \quad \text{»} \;\; m = \lambda'' \sqrt{D} & \text{»} \qquad \text{»} & p \sim \dfrac{1}{D} \sim \dfrac{1}{a} \end{array}\right\} \quad . \; . \; . \; . \; 17)$$

zu setzen.

Um sich die Rechnung mit den Gewichten zu ersparen, kann man übrigens auch in folgender Weise vorgehen.

Es gilt die Gleichung

$$\mu = \frac{m}{\sqrt{n}},$$

wenn m der mittlere Fehler einer Lattenbestimmung,
n die Anzahl
und μ der mittlere Fehler des Mittels L der n Lattenbestimmungen ist.

Das Gewicht von L ist dann

$$p \sim \frac{1}{\mu^2} = \frac{n}{m^2}$$

Unter Voraussetzung der Gesetze 17) wird nun

$$\left.\begin{array}{r} p \sim \dfrac{n}{D^2} \\ \text{bezw. } p \sim \dfrac{n}{D} \end{array}\right\}$$

---

*) Nimmt man z. B. als Bedingung an, daß die Gesamtwirkung den Fehler m_0 nur um $\frac{1}{10}$ seines Betrages ändern dürfe, so erhält man:

$$C_0 x \leqq 0.677 \sqrt{C_0 m_0}, \quad \text{d. i. für } C_0 = 100$$

$$C' \leqq 6.77 \sqrt{m_0}$$

m_0 =	0·01,	0·02,	0·03,	0·04,	0·05,	0·06,	0·07,	0·08,	0·09,	0·10
C'_{max} =	0·7,	1·0,	1·2,	1·4,	1·5,	1·7,	1·8,	1·9,	2·0,	2·1.

eine Konstante, wenn

$$\left.\begin{aligned} \frac{n}{D^2} &= A' \\ \text{bezw.} \quad \frac{n}{D} &= A'' \end{aligned}\right\}$$

konstant genommen wird.

Wenn man daher für jede Entfernung D die Zahl der Lattenbeobachtungen nach der Beziehung

$$\left.\begin{aligned} n &= A'D^2 \\ \text{bezw.} \quad n &= A''D \end{aligned}\right\} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 18)$$

wählt, so können alle Gewichte $p = 1$ gesetzt und so aus der Rechnung gebracht werden. A ist hiebei eine beliebige Zahl, durch deren Vergrößerung eine Vermehrung der Beobachtungen erreicht wird.

Welches Fehlergesetz genommen werden soll, läßt sich im allgemeinen nicht sagen. Wollte man sich von jeder Willkür frei machen, so bliebe nichts übrig, als sich das Gesetz durch besondere Beobachtungen in jedem Falle abzuleiten. Begnügt man sich mit Beobachtungen im nächsten (D_1) und im weitesten (D_2) Punkte allein, so kann in folgender Art die Bestimmung der Zahlen n vorgenommen werden.

Es haben sich z. B. die mittleren Fehler einer Beobachtung ergeben

$$\left.\begin{aligned} m_1 &\text{ in der Entfernung } D_1 \\ m_2 &\quad » \quad » \quad » \quad D_2 \end{aligned}\right\}.$$

Sollen nun die Gewichte der Lattenabschnitte, die als Mittel aus n_1 bezw. n_2 Beobachtungen hervorgegangen sind, einander gleich gesetzt werden können, so muß die Beziehung bestehen:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{m_2^2 \cdot n_1}{n_2 \cdot m_1^2} = 1$$

oder

$$\left(\frac{m_2}{m_1}\right)^2 = \frac{n_2}{n_1} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 19)$$

Wird aus den Beobachtungen für

$$\left(\frac{m_2}{m_1}\right)^2 = q$$

erhalten, so ermittelt man sich einen Exponenten z derart, daß

$$\left(\frac{D_2}{D_1}\right)^z = q'$$

ist, wobei q' nahe gleich q und z eine einfache Zahl sein soll ($z = 1, 2$), um die numerische Rechnung nicht zu erschweren.

Es ist dann

$$\left(\frac{m_2}{m_1}\right)^2 = \frac{q}{q'} \cdot \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^z \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 20)$$

Durch Verbindung von 19) und 20) erhält man

$$n_2 = \left(\frac{q}{q'} \cdot \frac{n_1}{D_1^z}\right) D_2^z.$$

Lassen wir dasselbe Gesetz auch für die Zwischenpunkte in den Entfernungen D gelten, so bestimmt sich die Wiederholungszahl aus der Gleichung

$$n = \left(\frac{q}{q'} \cdot \frac{n_1}{D_1^z}\right) D^z \quad \ldots\ldots\ldots\ldots 21)$$

Hierin ist

$$\left(\frac{q}{q'} \cdot \frac{n_1}{D_1^z}\right) = t$$

konstant, so daß

$$n = t \, . \, D^z \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 22)$$

wird.

Die Beobachtungen zur Bestimmung von m_2 werden natürlich auch in der Ausgleichung benützt. Von den N_1 Beobachtungen für m_1 kann man entweder n_1 willkürlich herausnehmen und die übrigen unbenutzt lassen oder sonst die entsprechende Gleichung mit dem Gewichte $p_1 = \frac{N_1}{n}$ versehen (etwa durch Multiplikation mit $\sqrt{\frac{N_1}{n_1}}$).

Ebenso wird man in dem Falle, daß die Zahl der Beobachtungen in den größeren Entfernungen zu groß werden sollte, die Gleichungen in zwei Systeme teilen, indem alle gerechneten Wiederholungszahlen des zweiten Systemes durch eine entsprechend gewählte Zahl g dividiert und die betreffenden Gleichungen dann mit dem Gewichte $\frac{1}{g}$ versehen oder mit $\frac{1}{\sqrt{g}}$ multipliziert werden.

Beispiel.

Zur Bestimmung der Konstanten eines Tachymeters von Schneider*) (Vergrößerung etwa 12, dicke Fäden) wurden mit Benützung einer Glaslatte mit Doppelmillimeter-Teilung zunächst in den Entfernungen 5 und 20 Meter Lattenbeobachtungen gemacht, um das Verhältnis der mittleren Lattenfehler $\frac{m_2}{m_1}$ zu ermitteln, das sich mit 1·9 herausstellte.

Es ist daher

$$\left.\begin{aligned} \left(\frac{m_2}{m_1}\right)^2 &= 1{\cdot}9^2 = 3{\cdot}6 \\ \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^1 &= \left(\frac{20}{5}\right)^1 = 4 \end{aligned}\right\}$$

und

$$n = \left(\frac{3{\cdot}6}{4} \cdot \frac{n_1}{5}\right) D.$$

Für $n_1 = 3$ wird $n = 0{\cdot}54$ D.

Dies gibt für

D =	5	10	15	20 Meter
n =	3	5	8	11 Beobachtungen.

Demgemäß wurden in den Entfernungen D n Lattenbestimmungen ausgeführt, deren Mittel folgende sind:

L = 0·0489 0·0960 0·1429 0·1900 Meter.

*) Siehe A. Schneider: «Detailtheodolit mit einem neuen diastimometrischen Fernrohre» in Carls Repert. Bd. XIV.

Weiter ist $C_0 = 100$, daher nach Gleichung 5)

$$a = \frac{D}{C_0} = \quad 0{\cdot}0500 \quad 0{\cdot}1000 \quad 0{\cdot}1500 \quad 0{\cdot}2000$$

$$o = L - \frac{D}{C_0} = -0{\cdot}0011 \quad -0{\cdot}0040 \quad -0{\cdot}0071 \quad -0{\cdot}0100$$

Die weitere Rechnung ist in folgender Tabelle enthalten:

Nr.	a	b	o	aa	ab	ao	bb	bo	ax	by	n	— o	v	vv
			$\times 10^{-3}$			$\times 10^{-3}$		$\times 10^{-3}$	$\times 10^{-3}$	$\times 10^{-3}$	$\times 10^{-3}$	$\times 10^{-3}$	$\times 10^{-3}$	$\times 10^{-6}$
1	0·05	— 1	— 1·1	0·0025	—0·05	—0·055	1	+ 1·1	— 2·98	+1·90	— 1·08	+ 1·1	+0·02	0·0004
2	0·1	— 1	— 4·0	100	—0·1	—0·400	1	+ 4·0	— 5·96	+1·90	— 4·06	+ 4·0	—0·06	36
3	0·15	— 1	— 7·1	225	—0·15	—1·065	1	+ 7·1	— 8·94	+1·90	— 7·04	+ 7·1	+0·06	36
4	0·2	— 1	—10·0	400	—0·20	—2·000	1	+10·0	—11·92	+1·90	—10·02	+10·0	—0·02	04
				0·0750	—0·50	—3·520	4	+22·2					0	0·0080
						$\times 10^{-3}$		$\times 10^{-3}$						$\times 10^{-6}$

Die Normalgleichungen

$$\left.\begin{aligned} 0{\cdot}075\,x - 0{\cdot}5\,y &= -\ 3{\cdot}52 \times 10^{-3} \\ -0{\cdot}5\,x + 4\,y &= +\ 22{\cdot}2 \times 10^{-3} \end{aligned}\right\}$$

geben

$$\left.\begin{aligned} x &= -\ 59{\cdot}6 \times 10^{-3} \\ y &= -\ 1{\cdot}9 \times 10^{-3} \end{aligned}\right\}$$

daraus wird $C = C_0 - C_0 x + C_0 x^2 - C_0 x^3 \ldots =$

$$\left.\begin{aligned} 100 + 5{\cdot}96 + 0{\cdot}36 + 0{\cdot}02 &= \underline{106{\cdot}3_4} \\ c = Cy &= -\ \underline{0{\cdot}20_m} \end{aligned}\right\}$$

Der mittlere Fehler der Gewichtseinheit M rechnet sich mit

$$M = \sqrt{\frac{[vv]}{n-2}} = \sqrt{\frac{0{\cdot}008 \times 10^{-6}}{2}} = \underline{\pm\ 0{\cdot}063_{mm}}$$

das ist der mittlere Fehler des arithmetischen Mittels aus

3 Beobachtungen in der Entfernung 5 Meter
5 » » » » 10 » u. s. w.

Die Gewichtsgleichungen

$$\left.\begin{aligned} 0{\cdot}075\ Q_{11} - 0{\cdot}5\ Q_{12} &= 1 \\ -0{\cdot}5\ Q_{11} + 4\ Q_{12} &= 0 \end{aligned}\right\} \qquad \left.\begin{aligned} 0{\cdot}075\ Q_{21} - 0{\cdot}5\ Q_{22} &= 0 \\ -0{\cdot}5\ Q_{21} + 4\ Q_{22} &= 1 \end{aligned}\right\}$$

geben $\quad Q_{11} = 80,\ Q_{22} = 1{\cdot}5,\ Q_{12} = Q_{21} = 10;$

damit wird

$$\left.\begin{aligned} m_x &= m\sqrt{Q_{11}} = \pm\ 0{\cdot}57 \times 10^{-3} \\ m_y &= m\sqrt{Q_{22}} = \pm\ 0{\cdot}078 \times 10^{-3} \end{aligned}\right\}$$

$$m_C = \pm\left\{C_0 m_x - 2C_0\,x\,.\,m_x\right\} =$$

$$\left.\begin{aligned} \pm\left\{0{\cdot}057 - 0{\cdot}007\right\} &= \underline{\pm\ 0{\cdot}05} \\ m_c = C_0 m_y &= \underline{\pm\ 0{\cdot}008\ \text{Meter.}} \end{aligned}\right\}$$

Zur Aufklärung bezüglich der auffallenden Abweichung der Konstanten C von 100 möge bemerkt werden, daß infolge eines Fadenrisses ein provisorischer Faden aufgezogen wurde, der mit Hilfe der Justierschrauben in die richtige Stellung zur Herstellung der Konstanten 100 gebracht werden sollte, ferner daß die angegebenen Lattenabschnitte einen Teil jener Beobachtungen ausmachen, die zur Untersuchung der Unabhängigkeit der Konstanten von der Entfernung angestellt wurden. *Fl. Lederer.*

Skizze zur Geschichte der Tachymetrie.

Zu einem Vortrage zusammengestellt von Statthalterei-Ingenieur **Dr. Hans Löschner.**

(Fortsetzung.)

Porro hat seine Instrumente und Methoden in der Schrift «Traité de tachéométrie», Turin 1847, beschrieben.[1])

Hier sei eingeschaltet, daß in Österreich im Jahre 1842 ein Nivellierinstrument der Firma Ertel & Sohn bekannt gemacht wurde, welches zwar der Hauptsache nach zum Nivellieren bestimmt, aber auch vollständig zur Vornahme von Distanz- und Winkelmessungen eingerichtet war; es konnten also Flächennivellements in Verbindung mit Distanz- und Winkelmessung vorgenommen werden, d. h. Aufnahmen nach der Methode der Nivelliertachymetrie. Die von Ertel für diese Instrumente eingeführte Latte war auf einer Seite zum Nivellieren, auf der anderen zum Distanzmessen eingerichtet.[2])

Eine größere Aufmerksamkeit wurde der tachymetrischen Aufnahmsmethode zugewendet, nachdem von den vierziger Jahren an Terrainaufnahmen als Vorarbeiten für Eisenbahnbauten möglichst rasch auszuführen waren und nachdem französische Ingenieure und Mechaniker den Instrumenten im Gegensatze zu Porro eine möglichst einfache, handliche und die Rektifikation seitens des Ingenieurs ermöglichende Form gegeben hatten. Der Mechaniker Richer in Paris war der erste, dessen Tachymeter allgemeine Verbreitung fand, während der Ingenieur J. Moinot in Paris, welcher das tachymetrische Meßverfahren gelegentlich der Trassestudien für die französischen Orleans-Bahnen um das Jahr 1855 in ausgedehntem Maße zur Anwendung gebracht hatte[3]), in seiner Schrift «Lever de plans à la stadia», Perigueux 1865, für die Ausführung der tachymetrischen Aufnahmen rationelle Vorschriften aufstellte.[4]) Richer's Tachymeter bestand aus einem Horizontal- und Höhenkreis, einem distanzmessenden Fernrohr und einer Bussole. Als Nachteile wurden insbesondere die geringe Lichtstärke der Bilder, die ungeschickte Lage der Nonien am Vertikalkreise, die unvorteilhaften Lupen und das übergroße Gewicht empfunden.

---

[1]) Vergl. Günther's Geophysik. I., 1897, S. 304 und 325; Über Porro's Instrumente vergl. auch: Zivil-Ingenieur, Jahrg. 1867

[2]) Förster's Allg. Bauzeitung, 1842, S. 181.

[3]) Vergl. Allgemeine Bauzeitung 1876, S. 50 und Zeitschr. f. Vermessungsw. 1893, S. 276.

[4]) Vergl. Werner, Tacheometrie, Wien 1873, S. 78.