

**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:** 56 (1958)

**Heft:** 6

**Artikel:** Über Koordinatenermittlung von Punkten aus Lageplänen

**Autor:** Tomkiewicz, Ivan

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-214381>

### 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:** 22.02.2026

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

# Über Koordinatenermittlung von Punkten aus Lageplänen

Ivan Tomkiewicz, Dipl.-Ing., Aarau

Im Rahmen der Übertragung von projektierten Anlagen in das Gelände kommt es oft vor, daß man die Koordinaten verschiedener Punkte kennen muß. Solche Punkte sind zum Beispiel Scheitelpunkte aller Trassen, Gebäudeecken, Schachtmittelpunkte usw. Sie sind im Lageplan eingezeichnet, und wenn man sie projektgemäß unter Zuhilfenahme der nächsten Polygonzüge in die Natur übertragen will, muß man ihre rechtwinkligen Koordinaten direkt aus dem Lageplan ermitteln. Ich möchte in dieser Abhandlung etwas über die Technik der Koordinatenermittlung von Punkten aus Lageplänen und über die Genauigkeit dieser Ermittlung sagen. Es ist gleich hervorzuheben, daß man die Koordinaten mit befriedigender Genauigkeit nur aus Lageplänen ermitteln kann, die mit einem Quadratnetz versehen sind. Das ist meistens der Fall, und ich werde mich nur mit diesem Falle befassen. Alle Zahlenergebnisse und Beispiele werden sich auf einen Lageplan im Maßstab 1:1000 beziehen; man kann aber die in diesem Artikel entwickelten Formeln auch auf einen beliebigen anderen Maßstab anwenden.

Die Abbildung 1 stellt ein Quadrat des Netzes dar. Im Maßstab 1:1000 beträgt die Seitenlänge dieses Quadrates 100 m und die Fläche des Quadrates 1 ha. Für den Punkt A in Abbildung 1 bestimmen wir die rechtwinkligen Koordinaten nach den Gleichungen:

$$y_A = y_0 + \frac{L}{dh + hc} \cdot dh \quad (1)$$

$$x_A = x_0 + \frac{K}{de + ea} \cdot de \quad (2)$$

Die Größen  $y_0$  und  $x_0$  sind die Koordinatenwerte der Ausgangsseiten und  $L$ ,  $K$  theoretische Seitenlängen des Netzquadrates. Im Maßstab 1:1000 sind  $L = K = 100$  m.

Wir führen die Bezeichnungen ein

$$dh + hc = L' \quad (3)$$

$$de + ea = K' \quad (4)$$

$$\frac{L}{dh + hc} = \frac{L}{L'} = \psi \quad (5)$$

$$\frac{K}{de + ea} = \frac{K}{K'} = \psi' \quad (6)$$

$$dh = \delta y' \quad (7)$$

$$de = \delta x' \quad (8)$$

$$\psi \cdot \delta y' = \delta y \quad (9)$$

$$\psi' \cdot \delta x' = \delta x \quad (10)$$

und schreiben die Gleichungen 1 und 2 wie folgt:

$$y_A = y_0 + \psi \cdot \delta y' = y_0 + \delta y \quad (11)$$

$$x_A = x_0 + \psi' \cdot \delta x' = x_0 + \delta x \quad (12)$$

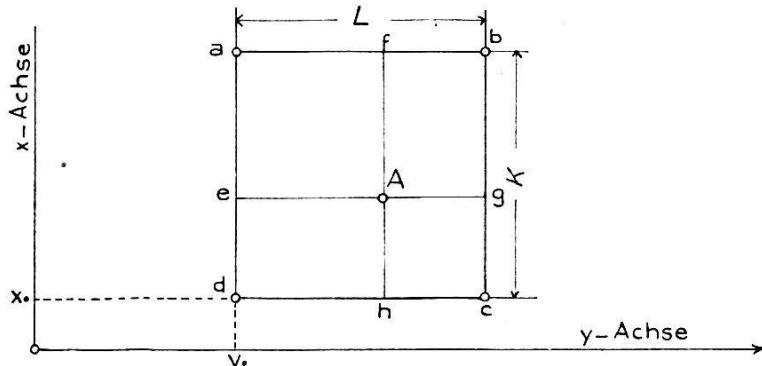


Abb. 1

$x_0, y_0, L$  und  $K$  sind konstante und bekannte Größen. Unsere Aufgabe besteht darin, die Abschnitte  $dh = \delta y'$ ,  $de = \delta x'$ ,  $L'$  und  $K'$ , das heißt die Koordinatendifferenzen des Punktes  $A$ , von den Seiten des Netzquadrates und die tatsächlich im Plane vorhandenen Seitenlängen des Netzquadrates abzumessen. Diese Messungen können entweder mit Hilfe einer Garnitur von Kartierdreiecken oder mittels eines Zirkels und Transversalmaßstabes erfolgen. Jede Messung soll man zweimal machen. Das vergrößert die Genauigkeit und schaltet grobe Fehler aus. Die zweite Messung dient also auch zur Kontrolle. Nur ausnahmsweise, wenn man die Koordinaten eines Punktes besonders genau bestimmen will, mißt man die genannten Abschnitte zehnmal. Sind diese Messungen einmal durchgeführt, können wir die Koordinaten nach Formeln 11 und 12 rasch berechnen.

Die Größen  $\psi$ ,  $\psi'$  sind Deformationsmodule, mit deren Hilfe man die Fehler, die durch das Verziehen des Papiers entstehen, ausschalten kann. Man sieht, daß sie nur mittels des Quadratnetzes zu bestimmen sind. Da die Papierverzüge oft beträchtlich sind, ist das Vorhandensein des Quadratnetzes auf dem Plane unerlässlich, wenn wir die Koordinaten mit befriedigender Genauigkeit ermitteln wollen.

Nach den Gleichungen 11 und 12 kann man die Koordinaten der Punkte in beliebiger Lage innerhalb des Netzquadrates bestimmen. Aus dem weiteren Verlauf dieser Abhandlung geht aber hervor, daß die Abschnitte  $\delta y'$  und  $\delta x'$  nur bis zum Werte  $\frac{1}{2}L$  beziehungsweise  $\frac{1}{2}K$  abzumessen sind. Sonst messen wir lieber ihre Ergänzungen  $L' - \delta y'$  beziehungsweise  $K' - \delta x'$  und berechnen die Koordinaten nach den Gleichungen:

$$y_A = y_0 + L - (L' - \delta y') \cdot \psi = y_0 + L - (L - \delta y) = y_0 + \delta y \quad 11'$$

$$x_A = x_0 + K - (K' - \delta x') \cdot \psi' = x_0 + K - (K - \delta x) = x_0 + \delta x \quad 12'$$

Die Gleichungen zur Berechnung der aus Lageplänen zu ermittelnden Koordinaten kann man aber auch wie folgt schreiben:

$$y_A = y_0 + \delta y' + \Delta \quad (13)$$

$$x_A = x_0 + \delta x' + \Delta' \quad (14)$$

Die Größen  $\Delta$  und  $\Delta'$  sind Korrekturen wegen der Papierverzüge, deren mathematische Formen wir jetzt ableiten wollen.

$$\Delta = \delta y - \delta y' = \psi \cdot \delta y' - \delta y' = \delta y' \cdot (\psi - 1) = \delta y' \cdot q \quad (15)$$

$$\Delta' = \delta x' \cdot q' \quad (16)$$

wobei:

$$q = \psi - 1 = \frac{L}{L'} - 1 = \frac{L - L'}{L'} \quad (17)$$

$$q' = \psi' - 1 = \frac{K}{K'} - 1 = \frac{K - K'}{K'} \quad (18)$$

Unter Berücksichtigung der Gleichungen (15) und (16) bekommen die Gleichungen (13) und (14) die endgültige Form:

$$y_A = y_0 + \delta y' + q \cdot \delta y' \quad (19)$$

$$x_A = x_0 + \delta x' + q' \cdot \delta x' \quad (20)$$

Beziehungsweise:

$$y_A = y_0 + L - [(L' - \delta y') + (L' - \delta y') \cdot q] \quad (19')$$

$$x_A = x_0 + K - [(K' - \delta x') + (K' - \delta x') \cdot q'] \quad (20')$$

Die Korrekturen  $\Delta$  und  $\Delta'$  sind linear proportional zu den gemessenen Abschnitten  $\delta y'$ ,  $\delta x'$  und den relativen Papierverzügen in der Richtung der beiden Koordinatenachsen  $q$ ,  $q'$ . Die entsprechenden absoluten Papierverzüge des Netzquadrates  $L - L'$  und  $K - K'$  ergeben sich aus zwei Teilen. Der erste Teil ist der eigentliche Papierverzug, und der zweite Teil ist die Folge des mit beschränkter Genauigkeit kartierten Quadrates. Der Einfluß des zweiten Teiles wird nur dann spürbar, wenn der Papierverzug klein ist; sonst verschwindet er praktisch. Die Deformationsmodule  $\psi$ ,  $\psi'$  korrigieren die Koordinaten für beide Einflüsse.

Die Berechnung der Koordinaten nach den Gleichungen (11) und (12) beziehungsweise (19) und (20) ist einfach. Wir müssen uns aber noch mit der Genauigkeit der Koordinatenermittlung befassen. Zu diesem Zwecke habe ich eine Anzahl von Punkten im Maßstab 1:1000 kartieren lassen und nachher ihre Koordinaten nach den beschriebenen Methoden wieder bestimmt. Es wurden so sechs Punkte  $T_i$  ( $i = 1 \dots 6$ ) mit gegebenen Koordinaten  $Y_i$  und  $X_i$  gleichzeitig mit dem Quadratnetz auskartierte. Die Kartierung erfolgte mit dem Großkoordinatographen der Firma G. Coradi, Zürich, Nr. 114, zur Zeit Eigentum des Landesvermessungsamtes in Ljubljana (Laibach, Jugoslawien), mit Nonienangabe der Trommel  $A = 0,01$  mm. Nach der Kartierung wurden die Kontrollen durchgeführt. Es wurden mit einem Nonienmaßstab mit Nonienangabe  $A = 0,1$  mm die Diagonalen der Netzquadrate und die gegenseitigen Koordinatendifferenzen der Punkte kontrolliert. Die Abweichungen von den theoretischen Werten waren überall innerhalb der zulässigen Grenzen 0,1 bis 0,3 mm.

Die Abschnitte  $\delta y'$ ,  $\delta x'$ ,  $L'$ ,  $K'$  beziehungsweise  $L' - \delta y'$ ,  $K' - \delta x'$  wurden mittels eines Kartiergeräts, bestehend aus einem Maßstab und einem rechtwinkligen Dreieck mit Nonienangabe  $A = 0,1$  mm, zehnmal abgemessen. Weil die wahren Werte dieser abgemessenen Abschnitte unbekannt waren, mußte man nach der Fehlertheorie ihre arithmetische Mittel  $\delta y'_m$ ,  $\delta x'_m$ ,  $L'_m$ ,  $K'_m$  usw. als die wahrscheinlichsten Werte annehmen. Die wahrscheinlichsten Verbesserungen  $v_i$  sind dann:

$$v_i = \delta y'_m - \delta y'_i \quad (21)$$

$$v_i = \delta x'_m - \delta x'_i \quad (22)$$

$$v_i = L'_m - L'_i \quad (23)$$

$$v_i = K'_m - K'_i \quad (24)$$

Es ist

$$m = \pm \sqrt{\frac{[v \ v]}{n-1}} \quad (25)$$

$$M = \pm \frac{m}{\sqrt{n}} \quad (26)$$

Die Mittelwerte für die Deformationsmodule sind

$$\psi_m = \frac{L}{L'_m} \quad (27)$$

$$\psi'_m = \frac{K}{K'_m} \quad (28)$$

und die Koordinaten werden

$$y = y_0 + \psi_m \cdot \delta y'_m \quad (29)$$

$$x = x_0 + \psi'_m \cdot \delta x'_m \quad (30)$$

Da die Bestimmung der Koordinaten mit zehn Abmessungen eine ziemlich zeitraubende Arbeit ist und man schon aus der Erfahrung weiß, daß zwei Abmessungen gewöhnlich genügen, wurden sämtliche Koordi-

naten auch aus den ersten zwei Abmessungen bestimmt. Die Zahlenergebnisse für die Abszisse des Punktes  $T_1$  sind in der Tabelle 1 enthalten mit anschließenden Berechnungen.

*Tabelle 1*

Nr.	$\delta x'$ (m)	$v$ (cm)	$v \cdot v$	$K'$ (m)	$v$ (cm)	$v \cdot v$
1	44,11	+2	4	99,77	+4	16
2	44,12	+1	1	99,77	+4	16
3	44,17	-4	16	99,88	-7	49
4	44,12	+1	1	99,81	0	0
5	44,17	-4	16	99,86	-5	25
6	44,14	-1	1	99,74	+7	49
7	44,18	-5	25	99,82	-1	1
8	44,12	+1	1	99,82	-1	1
9	44,12	+1	1	99,74	+7	49
10	44,07	+6	36	99,87	-6	36
		441,32	-2	102	998,08	+2
						242

$$\delta x'_m = 44,13 \text{ m}$$

$$K'_m = 99,81 \text{ m}$$

$$m = \pm 3,4 \text{ cm}, M = \pm 1,1 \text{ cm} \quad m = \pm 5,2 \text{ cm}, M = \pm 1,7 \text{ cm}$$

$$\psi'_m = \frac{100,00}{99,81} = 1,00190, \delta x_m = \psi'_m \cdot \delta x'_m = 44,13 \cdot 1,00190 = 44,21 \text{ m}$$

$$x_1 = x_0 + \delta x_m = 26500,00 + 44,21 = \underline{\underline{26544,21}}$$

nur aus den ersten beiden Messungen bestimmt, ergibt sich

$$\delta x' = 44,115 \text{ m}, K' = 99,77 \text{ m}, \psi' = \frac{100,00}{99,77} = 1,00230$$

$$\delta x = \delta x' \cdot \psi' = 44,115 \cdot 1,00230 = 44,22 \text{ m}$$

$$x_1 = x_0 + \delta x = 26500,00 + 44,22 = \underline{\underline{26544,22}}$$

In derselben Weise wurden sämtliche Koordinaten bestimmt. Sie befinden sich zusammen mit den wahren Koordinaten  $Y_i$  und  $X_i$  zwecks Vergleichung in den Tabellen 2 und 3.

Tabelle 2 (y und x aus zehn Messungen)

Punkt	$\begin{matrix} Y \\ X \end{matrix}$	$\begin{matrix} y \\ x \end{matrix}$	$\begin{matrix} \varepsilon = Y - y \\ \varepsilon = X - x \end{matrix}$ (cm)	$\varepsilon \cdot \varepsilon$
$T_1$	68 355,17	68 355,18	—1	1
	26 544,26	26 544,21	+5	25
$T_2$	68 671,81	68 671,86	—5	25
	26 156,24	26 156,24	0	0
$T_3$	69 030,72	69 030,67	+5	25
	26 505,65	26 505,70	—5	25
$T_4$	68 543,39	68 543,33	+6	36
	26 510,25	26 510,23	+2	4
$T_5$	68 704,23	68 704,29	—6	36
	26 392,47	26 392,46	+1	1
$T_6$	68 889,23	68 889,21	+2	4
	26 466,67	26 466,68	—1	1
$m = \pm \sqrt{\frac{[\varepsilon \cdot \varepsilon]}{n}} = \pm 3,9 \text{ cm}$				+3 183

Tabelle 3 (y und x aus zwei Messungen)

Punkt	$\begin{matrix} Y \\ X \end{matrix}$	$\begin{matrix} y \\ x \end{matrix}$	$\begin{matrix} \varepsilon = Y - y \\ \varepsilon = X - x \end{matrix}$ (cm)	$\varepsilon \cdot \varepsilon$
	68 355,17	68 355,19	—2	4
	26 544,26	26 544,22	+4	16
	68 671,81	68 671,86	—5	25
	26 156,24	26 156,24	0	0
	69 030,72	69 030,64	+8	64
	26 505,65	26 505,65	0	0
	68 543,39	68 543,30	+9	81
	26 510,25	26 510,22	+3	9
	68 704,23	68 704,33	—10	100
	26 392,47	26 392,45	+2	4
	68 889,23	68 889,20	+3	9
	26 466,67	26 466,67	0	0
$m = \pm \sqrt{\frac{[\varepsilon \cdot \varepsilon]}{n}} = \pm 5,1 \text{ cm}$				+12 312

Wir sehen, daß die aus zehn Messungen ermittelten Koordinaten um etwa 30 Prozent genauer sind als die, die aus zwei Messungen ermittelt wurden. Der Unterschied in der Ermittlungsgenauigkeit ist zwischen beiden Kategorien gering. Auch differieren die Koordinaten beider Kategorien sehr wenig, im Durchschnitt etwa 2 cm.

Es wäre jetzt interessant, sich ein wenig bei der Genauigkeit der abgemessenen Abschnitte  $\delta y'$ ,  $\delta x'$ ,  $L' - \delta y'$ ,  $K' - \delta x'$ ,  $L'$ ,  $K'$  aufzuhalten. Für jeden Punkt wurden die mittleren Fehler  $m$  und  $M$  nach den Gleichungen (19) und (20) ausgerechnet. Die Mittelwerte aus allen zwölf Ergebnissen sowie ihre maximalen vorgekommenen Werte sind:

Mittelwerte:  $m_{\delta y'} = m_{\delta x'} = \pm 3,5 \text{ cm}$ ;  $M_{\delta y'} = M_{\delta x'} = \pm 1,1 \text{ cm}$   
 $m_{L'} = m_{K'} = \pm 5,4 \text{ cm}$ ;  $M_{L'} = M_{K'} = \pm 1,7 \text{ cm}$

Maximale Werte:  $m_{\delta y'} = m_{\delta x'} = \pm 4,7 \text{ cm}$ ;  $m_{L'} = m_{K'} = \pm 8,3 \text{ cm}$

Nach den Mittelwerten beurteilend, können die Abschnitte  $\delta y'$ ,  $\delta x'$ ,  $L' - \delta y'$ ,  $K' - \delta x'$  mit dem genannten Kartiergerät um etwa 50 Prozent genauer bestimmt werden als die Abschnitte  $L'$  und  $K'$ . Dafür gibt es mehrere Gründe, die ich hier jedoch nicht näher behandeln will, da die erreichte Genauigkeit von  $L'$  und  $K'$  ausreichend ist.

Wir verfügen jetzt über einige Zahlenergebnisse, doch wissen wir noch nichts über die verschiedenen Einflüsse auf die Genauigkeit der Koordinatenermittlung der Punkte aus Lageplänen. Um das zu untersuchen, müssen wir uns wieder der Fehlertheorie bedienen. Suchen wir das totale Differential der Gleichung (11) auf:

$$dy = \psi \cdot d\delta y' + \delta y' \cdot d\psi \quad (31)$$

Ersetzen wir die Differentiale durch mittlere Fehler, so folgt:

$$m_y = \pm \sqrt{(\psi \cdot m_{\delta y'})^2 + (\delta y' \cdot m_\psi)^2} = \pm \sqrt{m_{y1}^2 + m_{y2}^2} \quad (32)$$

Wobei:  $m_{y1} = \psi \cdot m_{\delta y'}$  (33)

$$m_{y2} = \delta y' \cdot m_\psi \quad (34)$$

Wir sehen, daß sich der mittlere Fehler der aus dem Lageplan abgelesenen Koordinate aus zwei Teilen zusammensetzt. Der erste Teil  $m_{y1}$  ist die Folge des ungenau abgelesenen Abschnittes  $\delta y'$ , und der zweite Teil  $m_{y2}$  wird verursacht wegen der ungenauen Bestimmung des Deformationsmoduls  $\psi$ . Da  $\psi$  sehr nahe 1 ist, kann die Gleichung (36) wie folgt geschrieben werden:

$$m_{y1} = m_{\delta y'} \quad (35)$$

Um  $m_\psi$  mathematisch darzustellen, müssen wir die Gleichung (5) differenzieren:

$$d\psi = -\frac{L}{L'^2} \cdot dL' \quad (36)$$

Da praktisch  $L' = \sim L$  ist, bekommt die Gleichung (39) folgende Form:

$$d\psi = -\frac{dL'}{L} \quad (37)$$

oder in mittleren Fehlern

$$m_\psi = \pm \frac{m_{L'}}{L} \quad (38)$$

Wir setzen die Gleichung (38) in die Gleichung (34) ein und bekommen:

$$m_{y2} = \pm \delta y' \cdot \frac{m_{L'}}{L} \quad (39)$$

Mit Berücksichtigung der Gleichungen (35) und (39) bekommt die Gleichung (32) die endgültige Form:

$$m_y = \pm \sqrt{m^2 \delta y' + \left( \delta y' \cdot \frac{m_{L'}}{L} \right)^2} \quad (40)$$

Zum gleichen Resultat würden wir durch ähnliche Behandlung der Gleichung (19) gelangen.

Aus der Gleichung (39) geht hervor, daß  $m_{y2}$  linear proportional dem Abschnitt  $\delta y'$  ist. Deshalb ist  $\delta y'$  immer nur bis zum Wert  $\frac{1}{2}L$  zu messen. Ist  $\delta y'$  größer als  $\frac{1}{2}L$ , dann mißt man seine Ergänzung  $L' - \delta y'$ .

Wir berechnen jetzt nach der Gleichung (40) und beim Gebrauch der Mittelwerte für  $m\delta y'$  und  $m_{L'}$  (siehe Seite 177) für einige Werte von  $\delta y'$  die mittleren Fehler  $m_y$ . Die Ergebnisse sind in der Tabelle 4 enthalten.

*Tabelle 4*

$\delta y'$ (m)	$m_{y1}$ (cm)	$m_{y2}$ (cm)	$m_y$ (cm)
0,00	3,5	0,0	3,5
25,00	3,5	1,4	3,8
50,00	3,5	2,7	4,4

$$m_{y1} = m\delta y' = \pm 3,5 \text{ cm}; \quad m_{L'} = \pm 5,4 \text{ cm}; \quad m_\psi = 0,00054$$

Die Ergebnisse der Tabelle 4 stimmen mit den Resultaten der Tabelle 2, wo wir für den mittleren Fehler der abgelesenen Koordinate  $m_y = m_x = \pm 3,9$  cm bekamen, vollkommen überein. Das ist kein Zufall, denn auch dort haben wir mit lauter Mittelwerten aus zehn Messungen gerechnet, und der Mittelwert aller zwölf Koordinatendifferenzen  $\delta y'$ ,  $\delta x'$  beziehungsweise  $L' - \delta y'$ ,  $K' - \delta x'$  beträgt fast genau 25 m.

Berechnen wir jetzt noch einige mittlere Fehler nach der Gleichung (40) unter Heranziehung der maximalen Werte für  $m\delta y'$  und  $m_{L'}$  (Seite 177). Die Ergebnisse befinden sich in der Tabelle 5.

Tabelle 5

$\delta y'$ (m)	$m_{y1}$ (cm)	$m_{y2}$ (cm)	$m_y$ (cm)
0,00	4,7	0,0	4,7
25,00	4,7	2,1	5,2
50,00	4,7	4,2	6,3

$$m_{y1} = m\delta y' = \pm 4,7 \text{ cm}; \quad m_{L'} = \pm 8,3 \text{ cm}; \quad m_{\psi} = 0,00083$$

Obige Zahlen stimmen mit dem Ergebnis der Tabelle 3 genau überein. Wir können sie daher als die Genauigkeitsgrenzen für die aus zwei Messungen ermittelten Koordinaten betrachten. Man sieht außerdem, daß  $m_{y2}$  den kleineren Teil des mittleren Fehlers  $m_y$  bildet. Nur bei  $\delta y'_{\max}$  kann er  $m_y$  wesentlich vergrößern.

Wir könnten die Tabelle 4 auch durch Einsetzen der mittleren Fehler des arithmetischen Mittels  $M\delta y'$  und  $m_{L'}$  berechnen. Wir sahen, daß man die Abschnitte  $\delta y'$ ,  $\delta x'$ ,  $L'$ ,  $K'$  mittels zehn Messungen auf die Genauigkeit von 1 bis 2 cm bringen kann, und das sollte dann praktisch die Genauigkeit der mit zehn Messungen ermittelten Koordinaten sein. Nach der Tabelle 2 kann man sie aber mit der Genauigkeit von etwa 4 cm bestimmen. Es hat daher keinen Sinn, zu versuchen, die Abschnitte  $\delta y'$ ,  $\delta x'$ ,  $L'$ ,  $K'$  usw. durch genauere Verfahren zu bestimmen. Die Koordinaten werden dadurch nicht wesentlich genauer, und das kommt daher, daß das Quadratnetz und die Punkte selbst mit beschränkter Genauigkeit auskartiert wurden.

Alle bisherigen Feststellungen gelten für Punkte, die innerhalb eines Netzquadrates auskartiert wurden. Es kann aber vorkommen, daß wir für einen auf dem Plane vorhandenen Punkt, etwa die Ecke eines projizierten Gebäudes, die Koordinaten bestimmen wollen. Am Punkt selbst haften keine Kartierungsfehler. Werden seine aus dem Plane ermittelten Koordinaten dann wesentlich genauer sein? Nach meiner Ansicht nicht, denn von den fünf Punkten, die bei der Koordinatenermittlung im Spiele sind, sind vier, namentlich die Eckpunkte des Netzquadrates, mit Kartierungsfehlern behaftet. Wir können also annehmen, daß für die projizierten Punkte praktisch die gleichen Fehlergrenzen gelten wie für die auskartierte Punkte.

Wir wollen die Schlußfolgerungen dieser Untersuchung zusammenfassen:

Bei einer Koordinatenermittlung mit Hilfe eines Lageplanes im Maßstab 1:1000, der mit einem Quadratnetz versehen ist, gestützt auf zehn Messungen, müssen wir mit mittleren Fehlern in den Grenzen von  $\pm 3,5$  bis  $\pm 4,4$  cm rechnen und in den Grenzen von  $\pm 4,7$  bis  $\pm 6,3$  cm, wenn die Koordinaten nur mit zwei Messungen ermittelt wurden. Die ersten betragen rund 70 Prozent der zweiten. Die Abschnitte  $\delta y'$  und  $\delta x'$  sind nur bis zum Wert von  $\frac{1}{2}L$  beziehungsweise  $\frac{1}{2}K$  zu messen, sonst mißt man ihre Ergänzungen  $L' - \delta y'$  beziehungsweise  $K' - \delta x'$ .

Man kann also die Koordinaten der Punkte aus dem Lageplan, der mit einem Quadratnetz versehen ist, im Maßstab 1:1000 mit einer beachtenswerten Genauigkeit bestimmen, die praktisch für jede Aufgabe der angewandten Geodäsie ausreicht.

## Approximative Kostenschätzung von Straßen

Von Paul Märki, Zürich

### 1. Einteilung in Kostengruppen

Das einfachste Verfahren der Kostenschätzung besteht darin, daß man mit den Baukosten eines ähnlichen, bereits ausgeführten Straßenbaus den Preis pro Laufmeter berechnet und damit auf die Kosten des projektierten Bauwerkes schließt. Stehen keine genügend ähnliche Vergleichsobjekte zur Verfügung, muß man die einzelnen Arbeitsleistungen abschätzen. Ähnlich wie bei einem baureifen Projekt stellt man einen Kostenvoranschlag auf, setzt die Ausmaße und Einheitspreise auf Grund von Schätzungen ein und erhält damit die Baukosten.

Bei großen Bauprojekten lohnt es sich, diese Arbeit zu vereinfachen, indem man ähnliche Arbeitsgattungen zusammenfaßt und die Beziehungen zwischen Kosten und bestimmten Merkmalen des projektierten Bauwerkes graphisch darstellt. Ganz generell kann man die folgenden vier Kostenanteile unterscheiden:

Kosten für:		Die Kosten sind hauptsächlich abhängig von:
1. Gruppe	Planie Unterbau Oberbau Belag seitliche Abschlüsse Landankauf	Straßentyp (Normalprofil)
2. Gruppe	Transport der Baumaterialien	Lage zum Gewinnungsort der Baumaterialien
3. Gruppe	Erdarbeiten	Geländeform, Linienführung
4. Gruppe	Entwässerung Kunstbauten	Verschiedene besondere Verhältnisse

### 2. Beispiel einer Anwendung

Das folgende Beispiel zeigt die approximative Kostenschätzung des landwirtschaftlichen Wegnetzes für das Vorprojekt einer Güterzusam-