

Paper-ID: VGI_194813



Mechanische Koordinatenrechnung

Hugo Bohrn ¹

¹ *Ingenieurkonsulent für Vermessungswesen, Alpenphotogrammetrie Ges. m. b. H., Wels, Oberösterreich*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen **36** (5–6), S. 123–128

1948

Bib_TE_X:

```
@ARTICLE{Bohrn_VGI_194813,  
  Title = {Mechanische Koordinatenrechnung},  
  Author = {Bohrn, Hugo},  
  Journal = {{\u}sterreichische Zeitschrift f{\u}r Vermessungswesen},  
  Pages = {123--128},  
  Number = {5--6},  
  Year = {1948},  
  Volume = {36}  
}
```



In der Regel wird man den Inhalt unregelmäßig begrenzter Flächen aus Karten mit Hilfe eines Polarplanimeters bestimmen. Seine Genauigkeit wird durch die Formel

$$\Delta F = \pm 0,02 \sqrt{F}$$

gegeben³⁾, wobei F die umfahrene Fläche bedeutet. Da der gestreckte Fahrarm eines Polarplanimeters r rund 36 cm beträgt, so ergibt sich bei „Pol innen“ für die größte überhaupt umfahrbare Fläche ein Ausmaß von $r^2 \pi = 4071,5 \text{ cm}^2$ und somit für

$$\Delta F = \pm 0,02 \cdot 63,8 \text{ cm}^2 = \pm 1,276 \text{ cm}^2,$$

d. i. in bezug auf die umfahrene Gesamtfläche $0,0313\% > 0,03\%$.

Die größte Verzerrung, die es im Gesamtbereich aller betrachteten Abbildungen überhaupt gibt, ist kleiner als $0,03\%$; sie wird im allgemeinen viel geringer sein. Andererseits ist der kleinste Fehler bei der planimetrischen Bestimmung einer Fläche größer als $0,03\%$; er wird im allgemeinen mehr betragen. Es können daher, wenn die abgebildeten Teile des Rotationsellipsoids durch planimetrische Bestimmungen berechnet werden, die Glieder 4. Ordnung in den Abbildungsgleichungen fortgelassen werden. Man wird sie nur dann mitnehmen, wenn die Flächen nicht auf mechanische Art, sondern durch rechnerische Methoden, beispielsweise aus den rechtwinkligen, ebenen Koordinaten x , y der abgebildeten Punkte, bestimmt werden sollen, bzw. dann, wenn sich der abzubildende Bereich über die angegebenen Grenzbreiten erstreckt.

Der Maßstab der Abbildung ist für die voranstehenden Überlegungen im allgemeinen gleichgültig; insbesondere auch deshalb, weil die Fehlerbetrachtungen für die jeweils ungünstigste Stelle der Karte angestellt wurden und bei einer tatsächlichen Ausmessung durch die Umfahrung einer Fläche von endlichen Dimensionen der Fehler der dargestellten Fläche stets kleiner als der errechnete Maximalwert ist.

Mechanische Koordinatenrechnung

Von Ingenieurkonsulent für Vermessungswesen Dipl.-Ing. Hugo Bohrn,
Gesellschafter der Alpenphotogrammetrie Ges. m. b. H., Wels, Oberösterreich

Während es früher üblich war, die Aufnahmen für den Kataster nach den gemessenen Maßen zu kartieren, zeigt die moderne Katastertechnik das Bestreben, alle irgendwie durch Winkel- und Streckenmaße aufgenommenen Punkte der Erdoberfläche durch rechtwinklige Koordinaten festzulegen und nach diesen zu kartieren.

Den Vorteil dieses Verfahrens weiß jeder Vermessungsingenieur zu schätzen, der vor der Notwendigkeit steht, auf graphischem Weg entstandene

³⁾ Jordan-Eggert, Handbuch der Vermessungskunde II/1, Stuttgart 1931, S. 204.

Aufnahmen (Meßtischaufnahmen) zu ergänzen und fortzuführen. Die Kartierung der rechtwinkligen Koordinaten in einem Guß ergibt einen Plan, der in allen Teilen die gleiche Genauigkeit aufweist. Die langwierige Flächenfeststellung mittels Planimeter kann weitgehend durch die modernen Flächenberechnungsverfahren aus Koordinaten (nach L. P. Elling) ersetzt werden und schließlich ist es möglich, die Aufnahmen in jedem beliebigen Maßstabe rasch zu kartieren.

Dazu kommt noch, daß das Ansteigen der Grundstückspreise und das Bestreben, alle Vermessungsergebnisse einem übergeordneten System eingliedern zu können, von Seiten des Staates zur Herausgabe strengerer Vermessungsvorschriften führte. Die moderne Katastertechnik hat daher die Konstrukteure angeregt, Verfahren und Apparate zu entwickeln, welche eine möglichst einfache und rasche Ermittlung der rechtwinkligen Koordinaten ermöglichen.

Am Beginn dieser Entwicklung steht die Konstruktion des selbstreduzierenden Tachymeters des Schweizer Boßhardt.

Mit diesem Instrument wurde erstmals ein Schnellmesser geschaffen, der die für die Katasteraufnahme erforderliche Genauigkeit besitzt und auch an Schnelligkeit der orthogonalen Aufnahmemethode (mit Winkelspiegel) überlegen ist. Der Zeitgewinn bei der Aufnahme wird jedoch durch die vermehrte Rechenarbeit, welche durch die Transformation der aufgenommenen Polar-Koordinaten in rechtwinklige entsteht, weitgehend herabgesetzt. Vielfach wurde daher die Auswertung von Boßhardt-Aufnahmen nach graphischen Methoden durchgeführt, denn eine Koordinaten-Transformation erfordert, wenn sie auch mit der Doppelrechenmaschine durchgeführt wird, immer noch großen Aufwand an Aufmerksamkeit und Zeit. Denn immer müssen dabei die Gradwerte für die Verwendung der nur für den Oktanten und nicht für einen Vollkreis geschaffenen Sinus-Cosinus-Tafeln vorher brauchbar gemacht und dann für die so errechneten Tafelwinkel erst der Sinus-, bzw. Cosinuswert aus den Hilfstafeln aufgeschlagen und die Vorzeichen bestimmt werden.

Allerdings sind die Fachleute an diesen Umweg so gewöhnt, daß vielen von ihnen die Umständlichkeit ihres Tuns gar nicht zum Bewußtsein kommt.

Nun wurden wohl, um diese Umrechnungen wirtschaftlicher durchführen zu können, verschiedene Hilfsmittel, wie spezielle Tafelwerke, Rechenschieber usw., geschaffen, doch waren die einen in der Handhabung sehr umständlich, während die anderen kaum die geforderte Genauigkeit ergaben.

Als nun in Österreich, insbesondere durch den Bundesvermessungsdienst und die größeren Vermessungsbüros, zum wirtschaftlicheren Aufmessen größerer Gebiete Präzisionsdistanzmesser eingesetzt wurden und viele Tausende von Polar-Koordinaten in das moderne rechtwinklige Koordinatensystem umgerechnet werden mußten, wurde die mechanische Koordinaten-Berechnung direkt eine Notwendigkeit.

Aber es fehlte ein Rechenggerät, das die Überführung der polaren Koordinaten in rechtwinklige in einfachster Weise rasch und genau mechanisiert.

Denn erst durch ein derartiges Gerät wird die durch die Erfindung des Boßhardt-Tachymeters eingeleitete Entwicklung abgerundet.

In dieser Zeit nun wurde in Österreich eine Erfindung gemacht, die, dank der verständnisvollen Hilfe des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen und der Agrarbehörden, zum Bau der neuen Koordinaten-Rechenmaschine führte und für die optische Distanzmessung, bzw. deren wirtschaftlichere Verwendung geradezu als bahnbrechend zu bezeichnen ist.

Mit dem Bau dieser neuen Maschine wurde von den Patentinhabern der bekannte Instrumentenbauer der ehemaligen Firma Starke und Kammerer, Herr Franz P a c h n e r, betraut.

Schon das erste Modell wurde gleich nach seiner Fertigstellung von der Versuchsanstalt des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen auf seine Genauigkeit und Brauchbarkeit geprüft und erzielte, wie der hier auszugsweise abgedruckte Bericht ersehen läßt, ein erstklassiges Ergebnis.

A u s z u g

Versuchsanstalt für geodätische
Instrumente und Zeitmesser.

Z e u g n i s

Die Prüfung wurde von VK. Dr. Ing. Karl U l b r i c h vorgenommen. Zur Untersuchung wurden 100 Grenzpunkte herangezogen, deren rechtwinkelige Koordinaten bereits berechnet vorliegen. Diese 100 Punkte wurden gleichmäßig zu je 25 auf die vier Quadranten verteilt, um eine eventuelle Verschiedenheit der Genauigkeit in bezug auf die vier Quadranten feststellen zu können. Die 25 Punkte in jedem Quadranten wurden wieder so verteilt, daß je 5 auf Distanzen 0—50 *m*, je 11 auf 50—100 *m* und je 9 auf 100—150 *m* entfallen, um einen eventuellen Einfluß der Distanz feststellen zu können.

Die Differenz:

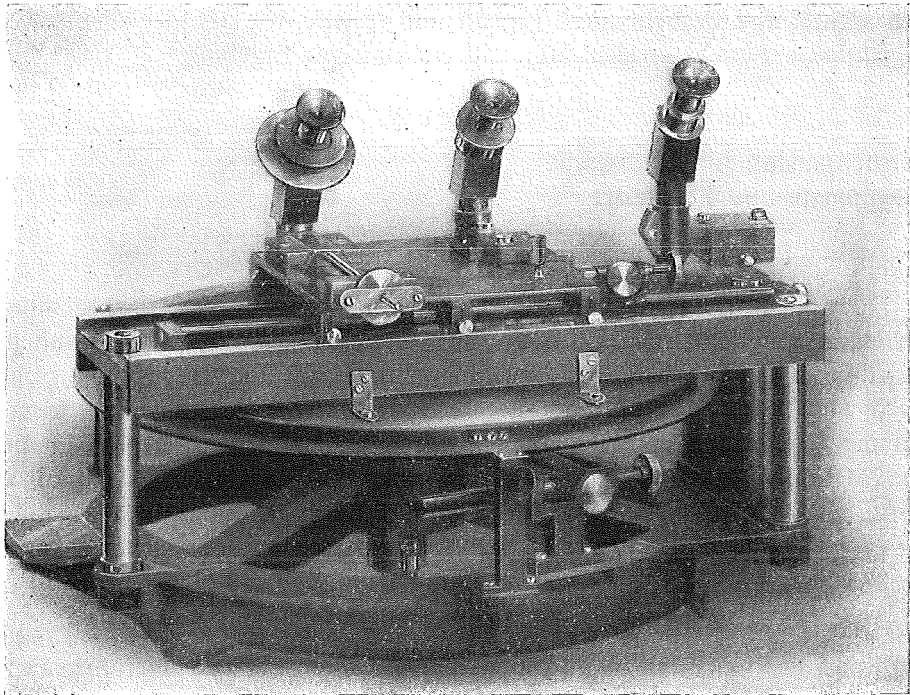
$$\delta = \text{Rechnungswert } (\Delta y \text{ oder } \Delta x) - \text{Instrumentalwert}$$

wurde bei der Genauigkeitsuntersuchung als wahrer Fehler eingeführt, da die auf Zehntel-Millimeter gerechneten Werte als wahre Werte aufzufassen sind. Auf Grund dieser Differenzen wurden sowohl quadranten- als auch intervallweise die mittleren Punktlagedifferenzen zwischen den Rechnungs-Koordinaten und den Beobachtungs-Koordinaten berechnet und dargestellt.

Die unteren Werte von $\pm 6.1 \text{ mm}$, $\pm 7.7 \text{ mm}$, $\pm 5.9 \text{ mm}$ und $\pm 5.0 \text{ mm}$ lassen in keinem der vier Quadranten ein bemerkenswertes Überwiegen in einem Quadranten erkennen. Die Werte der letzten Spalte von $\pm 6.5 \text{ mm}$, $\pm 6.1 \text{ mm}$ und $\pm 6.4 \text{ mm}$ für die Distanzintervalle von 0—50 *m*, 50—100 *m* und 100—150 *m* lassen auch keinen Distanzeinfluß aufscheinen, so daß gesagt werden kann, daß die Ergebnisse von der Distanz weitgehend unabhängig sind.

Bei 44 von 100 Punkten ergaben sich sonach kleinere Abweichungen als 5 *mm* des beobachteten Wertes gegenüber dem Sollwert des Koordinatenpaares. Bei weiteren 44 Werten wich nur eine Koordinate um 5—10 *mm* ab, während die andere Koordinate kleinere Abweichungen als 5 *mm* ergab. Bei 12 Punkten stellten sich Abweichungen der am Apparat abgelesenen Werte von den be-

rechneten rechtwinkligen Koordinaten im Betrage von 5–10 *mm* ein. Differenzen von mehr als 10 *mm* traten nicht auf. 10 *mm* Abweichung je Koordinate dürfte also den möglichen Maximalfehler des Apparates darstellen. Da bei der Auswertung am Apparat von Avanzini und Bohrn nur Abweichungen bis maximal 10 *mm* (bei 12% der Beobachtungen) auftraten, so bleibt der Fehler der Ablesung weit unter der in Österreich laut Dienstanweisung 14 jetzt amtlich zulässigen Fehlergrenze von 90–140 *mm* für Distanzen bis 150 *m*. Es ergibt sich auf Grund aller Beobachtungen, daß die Genauigkeit des Apparates die Genauigkeit der Berechnung mit fünfstelligen Tafeln erreicht.



Die Prüfung erstreckte sich indirekt auch auf die praktische Verwendbarkeit des Instrumentes, da die Messungen in der gleichen Weise vorgenommen wurden, wie mit dem Instrument in der Praxis gearbeitet werden soll. Aus dem Ergebnis wurde die Güte und Verwendbarkeit der Konstruktion erkannt, da die Leistung mit diesem Apparat wesentlich über die Leistungen von geübten Maschinenrechnern hinausging. Der Apparat ist sonach in hohem Maße wirtschaftlich.

Der Leiter der Versuchsanstalt:

Dr. Karl M a d e r e. h.

Schon aus dem Vorhergesagten geht hervor, daß es sich bei der neuen Koordinaten-Rechenmaschine um eine Spezialmaschine handelt, welche die Koordinaten rapid errechnet und daher auch Koorapid genannt wird und in der Lage ist, Rechenoperationen mit den Kreisfunktionen unmittelbar zu be-

wältigen. Es können daher direkt die Gradwerte in die Maschine eingestellt werden. Nach Einstellung des Wertes für die Entfernung und des Gradwertes können sofort die Koordinaten-Differenzen mit ihren zugehörigen Vorzeichen abgelesen werden.

Koorapid hat die ungefähre Größe einer Büroschreibmaschine und wird sowohl für Altgrad- als auch für Neugradteilung hergestellt und ist mit Tageslicht oder künstlicher Beleuchtung verwendbar.

Koorapid eignet sich besonders gut und hat eine hohe Leistungsfähigkeit für die Berechnung der rechtwinkligen Koordinaten-Differenzen von Punkten, welche mit den optischen Distanzmessern aufgenommen wurden, für Transformationen der Koordinaten von Punkten, die mit Abszissen und Ordinaten bestimmt wurden oder nach der Formel $x = a + x' \cos \alpha - y' \sin \alpha$ und $y = b + x' \sin \alpha + y' \cos \alpha$ zu rechnen sind, zur Reduktion schief gemessener Distanzen auf die Ebene, zur Berechnung der Höhen nach den Formeln $L \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha$, $s \cdot \tan \alpha$, $s \cdot \cotang \alpha$, zur Berechnung der Zentrierungen, zur Berechnung der Richtungswinkel und der Seiten aus Koordinaten, zur Auflösung der Dreiecke insbesondere nach dem Sinussatze, in der Photogrammetrie zur Berechnung der Orientierungen und der Paßpunkte, zur Auflösung von Proportionen usw.

Infolge der Einfachheit in der Bedienung und der vollkommen mechanischen Ermittlung der Resultate nach Einstellung der gegebenen Werte ist auch der Einsatz von geodätisch nicht vorgebildetem Personal sehr erfolgversprechend, denn die Leistungsfähigkeit des Koorapid ist nicht von den mitgebrachten Fachkenntnissen, sondern so wie z. B. beim Maschinschreiben von der vorhandenen Handfertigkeit abhängig.

Angelernte Hilfskräfte erreichen schon nach einer kurzen Einschulung Stundenleistungen von über 100 Punkten.

Bei der Einschulung selbst ist zu Beginn einzig und allein auf die genaueste Einstellung der Entfernungs- und Winkelwerte zu achten und jede Bemühung zur Beschleunigung des Arbeitsvorganges zu unterlassen. Die Art der Einstellung der Entfernungen und der Winkel ist mechanisch einzulernen. Schon nach einigen Stunden wird dann die Leistung bei der Umrechnung der Polar-Koordinaten in rechtwinkelige Koordinaten-Differenzen auf über 100 Punkte je Stunde steigen, wenn eine Person die Werte diktiert und die angesagten Resultate aufschreibt, während die andere die Maschine bedient.

Weil nun der ganze Rechenvorgang ein vollkommen mechanischer ist und die Auffassungskapazität angelernter Personen fachlich nicht unbegrenzt ist, soll zur Erreichung der größtmöglichen Leistung der ganze Arbeitsvorgang von einem erfahrenen Fachmann bis in die Einzelheiten hinein zerlegt und durchorganisiert werden. Auch die Berechnungsformulare können wesentliche Vereinfachungen erfahren. Denn beim Koorapid entfällt ja nahezu jede Zwischenrechnung, insbesondere für die Auswertung der Ergebnisse bei der optischen Distanzmessung. Zur Vermeidung der Übertragungsfehler von den Feldmanualien in die Berechnungsprotokolle, können schon diese so angelegt werden, daß in ihnen auch die Endergebnisse eingetragen werden können, wie

es im Muster 46 des B. A. f. E. u. V. vorgesehen ist. Die Kontrollrechnung erfolgt infolge des raschen Arbeitslaufes am einfachsten durch unabhängiges, zweifaches Rechnen.

Koorapid hat nicht die Aufgabe zu erfüllen, die Rechenmaschinen zu verdrängen, sondern soll im modernen Vermessungswesen eine empfundene Lücke schließen und wieder einen Beitrag Österreichs für den allgemeinen Fortschritt bedeuten.

Obwohl sich auch ausländische Firmen um das Erzeugungsrecht bewarben, übertrugen es die Patentinhaber der bekannten Wiener Firma R. u. A. R o s t, welche nunmehr den Apparat sowohl für Altgrad- als auch für Neugradteilung herstellt.

Über Stereogramme in der Kartographie

Von Dipl.-Ing. L. B r a n d s t ä t t e r

A. S t e r e o - L u f t b i l d u n d S t e r e o g r a m m

Eine stereoskopische Darstellung kann als eine kartographische Darstellung angesprochen werden, wenn neben dem selbstverständlichen geographischen Inhalt einige innere Bedingungen und eine äußere Bedingung erfüllt sind. Die inneren Bedingungen lauten: Horizontierung, geographische Orientierung und geometrisch-sachliche Erläuterung des plastischen Erscheinungsbildes. Die äußere Bedingung ist die unbegrenzte Reproduzierbarkeit der Darstellung.

Zwei Arten stereoskopischer Darstellungen sind in der zeitgemäßen Kartographie von Bedeutung. Die eine Art gründet sich auf das Stereo-Luftbild, die andere auf das handgezeichnete Stereogramm. Jede Art kennen wir in verschiedenen Entwicklungsformen.

Die gestuften Formen des phototechnischen Weges sind:

1. Das Luftbildpaar aus genäherten Senkrechtaufnahmen. Die Betrachtung durch das Spiegelstereoskop ergibt ein annähernd horizontiertes, annähernd orientiertes, nicht erläutertes Modell.

2. Das Luftbildpaar aus umgebildeten strengen Senkrechtaufnahmen; Betrachtung durch das Spiegelstereoskop oder Herstellung von Anaglyphendruckten (bzw. -kopien) und Betrachtung durch die Anaglyphenbrille; Modell erscheint exakt horizontiert und annähernd orientiert.

3. Der Raumbildplan; Anaglyphen-Mosaik aus horizontierten und orientierten Modellblöcken; unbeschränkter Umfang, keine Erläuterung.

4. Die Raumbildkarte; wie vorhin mit Beschriftung und Kartengitter¹⁾. Sie ist die vollendetste Form phototechnischer kartographischer Darstellungen.

¹⁾ Vgl. H. Kasper: „Der Raumbildplan, eine neue Form kartographischer Darstellung“; Zeitschrift „Industrie und Technik“ 1947.