



## Erfahrungen mit Cronarfilm bei einer großmaßstäblichen, numerischen Punktbestimmung

Josef Kovarik <sup>1</sup>

<sup>1</sup> 1110 Wien Neugebäudestr. 18/10. Stiege T. 7

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen **55** (6), S. 166–176

1967

BibT<sub>E</sub>X:

```
@ARTICLE{Kovarik_VGI_196720,  
  Title = {Erfahrungen mit Cronarfilm bei einer großmaßstäblichen,  
          numerischen Punktbestimmung},  
  Author = {Kovarik, Josef},  
  Journal = {"Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen"},  
  Pages = {166--176},  
  Number = {6},  
  Year = {1967},  
  Volume = {55}  
}
```



- [3] *Krames, J.*: Zur praktischen Handhabung des graphischen Verfahrens zum gegenseitigen Einpassen von Luftaufnahmen. Schweiz. Z. f. V. u. J. 1952, Nr. 12 und 1953, Nr. 1.
- [4] *Jerie, H. G.*: Beitrag zum numerischen Orientierungsverfahren für gebirgiges Gelände. Photogrammetria 1953/54, Nr. 1.
- [5] *Bernhard, J.*: Über den Einfluß der Achsstellungen des Auswertegerätes auf die gegenseitige Orientierung von Luftaufnahmen. Photogrammetria 1953/54, Nr. 2.
- [6] *Rinner, K.*: Über räumliche Drehungen. D. G. K. Reihe A, Nr. 25, München 1957.
- [7] *van den Hout, C. M. A.*: Boll. di Geod. 20, 1961, 418 . . . 427.
- [8] *Schwidersky, K.*: Grundriß der Photogrammetrie. 6. Auflage 1963.
- [9] *Baeschlin-Zeller*: Lehrbuch der Stereophotogrammetrie. Orell Füssli Verlag 1934.

## Erfahrungen mit Cronarfilm bei einer großmaßstäblichen, numerischen Punktbestimmung

Von *Josef Kovarik*, Wien

(Veröffentlichung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen)

Seit der industriellen Fertigung von Filmen auf Polyesterbasis wird in der Literatur gelegentlich von großmaßstäblichen Versuchsarbeiten mit Cronarfilm und der dabei erreichten Genauigkeit berichtet, meist jedoch im Zusammenhang mit Komparatormessungen und einer nachfolgenden analytisch-rechnerischen Bearbeitung.

Der Verfasser will nun von einem „Einschaltpunkt“-Operat berichten, das an Analoggeräten modellweise ausgewertet worden ist. Bei einem durchschnittlichen EP-Abstand von etwa 300 m waren, in einem praktisch ebenen Gebiet, über eine Fläche von fast 200 km<sup>2</sup> rund 1400 Punkte verteilt. Ihre Bestimmung sollte vom Anfang bis zum Ende eine Routinearbeit sein, es sollte also in keiner Phase der Arbeit eine *außergewöhnliche* Sorgfalt beachtet werden.

Andererseits sollte aber die Möglichkeit der Beeinflussung der Ergebnisse durch eine Aerotriangulierung ausgeschaltet werden. Natürlich mußte dann auf Grund der Einzelmodelldisposition eine entsprechende Anzahl von Paßpunkten in Kauf genommen werden. Diese wurden wie bisher mit der hieramts üblichen Genauigkeit durch Punktverdichtung bestimmt. Es standen, über das ganze Gebiet mehr oder weniger regelmäßig verteilt, rund 230 lage- und höhenmäßig gegebene Punkte zur Einpassung zur Verfügung: zentrisch oder exzentrisch luftsichtbar gemachte trigonometrische Punkte, terrestrisch eingemessene Paßpunkte und Punkte aus alten, angrenzenden Operaten<sup>1)</sup>.

Das EP-Feld, im Osten von Wien gelegen, „EP-Marchfeld SW“ genannt, wurde zu Beginn der Vegetationsperiode (2. Mai) befliegen. Zum Unterschied von den bisherigen EP-Aufnahmen wurde also diesmal Cronarfilm mit dem Bildformat 23 cm × 23 cm verwendet. Die Aufnahme des Gebietes erfolgte außerdem mit doppelter

<sup>1)</sup> Man muß überlegen, daß bei den „klassischen“ Plattenaufnahmen (14 cm × 14 cm) die Modellfläche, bei gleichem Bildmaßstab, ja nur etwa ein Drittel von der Fläche eines Cronarfilmmodelles hat (daß also z. B. statt 100 Modellen *drei*hundert erforderlich wären), so daß, auch bei einer festpunktlosen Überbrückung von jeweils 2 bis 3 aufeinanderfolgenden Modellen, rund 200 Paßpunkte anfallen würden.

Deckung: mit Arbeitsstreifen ( $A$ ) und mit Kontrollstreifen ( $K$ ). Dabei wurden die  $K$ -Modelle derart angeordnet, daß sie in der Streifenrichtung gegen die  $A$ -Modelle um eine halbe Modellbreite verschoben und senkrecht dazu um eine halbe Streifenbreite versetzt waren. Mit anderen Worten: die *Mittelpunkte* der  $A$ -Modelle fielen etwa mit den *Eckpunkten* der  $K$ -Modelle zusammen. Diese Disposition erlaubte für jeden Punkt eine zweimalige, unabhängige Auswertung, derart, daß die unterschiedliche Genauigkeit zwischen Bildmitte und Bildrand bei der Mittelbildung jeden Punkt ungefähr im gleichen Maße beeinflusst.

Im folgenden sollen nun die im Anschluß an die Gerätearbeit vorgenommenen Berechnungen, ohne langwierige theoretische Ableitungen, erläutert werden, mit dem Ziele, die Genauigkeit der solcherart bestimmten EP festzustellen und die Ergebnisse zu veranschaulichen.

Die technischen Daten: Aviogon 15 cm, Bildmaßstab rund 1:12.500, Längsüberdeckung ca. 60%, Querüberdeckung zwischen 60 und 75%. Es wurden, mit gezielten Einzelaufnahmen, Ost-West-Streifen geflogen, so daß die Streifenrichtung in die Landes- $y$ -Richtung fällt.

Die  $A$ -Streifen wurden mit 2, 4, 6, 8 und 10 bezeichnet, die  $K$ -Streifen mit 1, 3, ... Die Modellgröße betrug rund  $1 \text{ km} \times 2 \text{ km}$ .

Die maschinelle Auswertung erfolgte an Wild-Präzisions-Autographen A 7, die seit Jahren zur vollsten Zufriedenheit für numerische Arbeiten verwendet werden und deren Funktionstüchtigkeit sich auch im Zuge der beschriebenen Auswertungen wieder herausgestellt hat. Es wurde, nach optimaler Einpassung, im Maschinenmaßstab 1:5000 gearbeitet, was einem Verhältnis  $f:z$  von etwa 1:2,5 entspricht. Eine an das Auswertegerät angeschlossene Registrieranlage EK 5 lieferte Klarschriften und Lochkarten.

Um grobe Fehler bzw. Fehlidentifizierungen von Paßpunkten auszuschließen, wurde zuerst jedes  $A$ -Modell über die, im allgemeinen in den Ecken gelegenen, terrestrisch eingemessenen Punkte in das Landessystem transformiert. Dabei wurde zuerst, unter der Annahme, daß es sich um zwei gleichartige Systeme handelt, nur ein einheitlicher Maßstabsfaktor eingeführt, das heißt, es wurde nach Helmert umgeformt<sup>2)</sup>. Aus den Restfehlern wurden, für  $y$  und  $x$  getrennt, mittlere Fehler gerechnet.

Dabei wurden aber diese Werte nicht jeweils aus den wenigen, überschüssigen Punkten *eines* Modelles gerechnet. Man muß ja bedenken, daß die Anwendung der

<sup>2)</sup> Man muß bei der Frage der Transformation stets daran denken, daß geringe Veränderungsgrößen, die als Vergrößerungen oder Verkleinerungen aufgefaßt werden können, *nicht* störend wirken. Diese verursachen ja nur eine Änderung des Maßstabsfaktors.



Ebenso sind gleichsinnige Verschiebungen an allen Eckpunkten nicht störend, da sie durch eine Verlagerung des Ursprunges bzw. durch eine Drehung eliminiert werden. Es bleiben *nach* einer Umrechnung nur solche Größen übrig, die weder durch einen Maßstabsfaktor, noch durch eine Ursprungsverschiebung oder Drehung weggebracht werden können! Die übrigbleibenden Verbesserungen und damit natürlich auch die mittl. Fehler geben also nur ein Bild von den *Unregelmäßigkeiten*, von den Abweichungen gegenüber einer, allen Punkten gemeinsamen, gleichmäßigen Veränderung.

Fehlerformel  $\pm \sqrt{[vv]:(n-u)}$  nur bei einer großen Anzahl von Punkten berechtigt ist. Die geringe Anzahl von Restfehlern eines Modelles würde daher keine sichere Ermittlung solcher Werte gestatten. Diese Feststellung gilt für jedes einzelne Modell. Die Umrechnung von jedem Modell ist aber andererseits immer nach demselben Grundsatz vorgenommen worden:  $[vv] = \text{Minimum}$ . Wenn jedes einzelne Modell also dieser Bedingung genügt, so genügt ihr auch die Gesamtheit von  $n$  Modellen, zum Beispiel alle Modelle eines Streifens. Wenn daher zwar aus den wenigen Punkten des ersten Modelles allein keine eindeutige Fehlerkurve zu erkennen ist, aus dem zweiten Modell allein auch nicht, usw., so kann aber aus der Darstellung der *Gesamtheit* aller Modelle die Gesetzmäßigkeit der Restfehlerverteilung doch genau erkannt werden!

Der kleinste mittlere Fehler im Landes- $y$  war (im Streifen 8)  $\pm 6,5$  cm, der größte (im Streifen 6)  $\pm 16,9$  cm, der kleinste m. F. im Landes- $x$  war (im Streifen 10)  $\pm 8,5$  cm und der größte (im Streifen 6)  $\pm 13,6$  cm. (Siehe Abb. 1.)

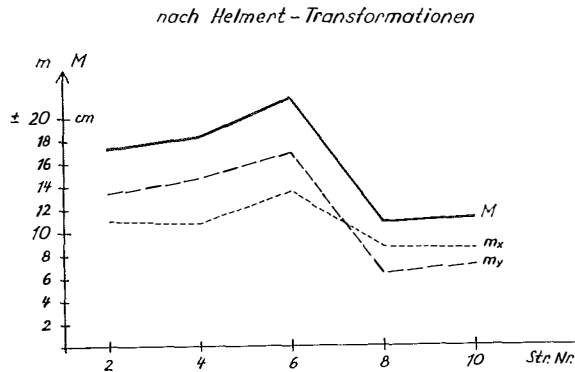


Abb. 1

Als kleinster bzw. größter mittlerer totaler Punktlagefehler folgt daraus  $M = \pm 11$  cm beziehungsweise  $M = \pm 22$  cm.

Rechnet man noch einen Mittelwert über alle Modelle des Operates, so erhält man  $m_y = \pm 12,2$  cm,  $m_x = \pm 10,6$  cm und  $M = \pm 16$  cm.

Die Anzahl der zur Berechnung herangezogenen Wertepaare betrug beim A-Streifen Nr. 2 ... 58, bei Nr. 4 ... 56, bei Nr. 6 ... 75, bei Nr. 8 ... 77 und beim Streifen Nr. 10 ... 72.

Erstaunlich an diesen ersten Ergebnissen war schon die Tatsache, daß der mittlere Fehler in der Richtung der größeren Modellerstreckung, also das  $m_x$ , nicht im gesamten Operat größer war als das  $m_y$ .

Um sicherzustellen, daß die derart erhaltenen Werte nicht irgendwelchen Verfälschungen unterliegen, wurden nun *alle* A-Modelle in sämtlichen Streifen auch affin mit *denselben* Ausgangswerten und auf *dieselben* Punkte wie bei der Helmert-Transformation umgerechnet.

Das Ergebnis war in jeder Hinsicht aufschlußreich. Die Größe der übrigbleibenden Fehler war wesentlich geringer, was in den Werten der mittleren Fehler überzeugend zutage tritt: das kleinste  $m_y$  war (wieder im Streifen 8)  $\pm 3,7$  cm, das größte

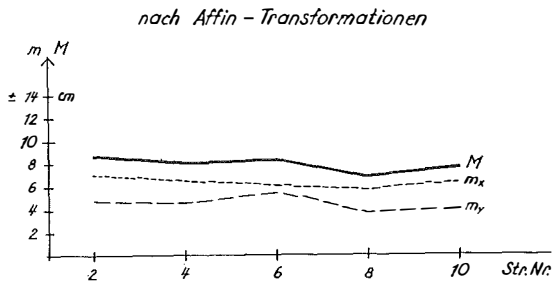


Abb. 2

(wieder im Streifen 6)  $\pm 5,5$  cm, die entsprechenden Werte im Landes- $x$  waren (jetzt im Streifen 8)  $\pm 5,6$  cm bzw.  $\pm 7,1$  cm (im Streifen 2). (Siehe Abb. 2.)

Hier liegt auch das  $m_x$ , der m. F. in der größeren Modellerstreckung, generell über dem  $m_y$ .

Summiert man wieder die Restfehler über sämtliche Modelle des Operates und berechnet die mittleren Fehler, so erhält man:

$$m_y = \pm 4,6 \text{ cm}, m_x = \pm 6,3 \text{ cm}, M = \pm 7,8 \text{ cm}.$$

Eine graphische Darstellung der Restfehlerhäufigkeit nach den Affintransformationen, getrennt nach  $y$  und  $x$ , zeigt eine schöne Regelmäßigkeit.

Die Umrechnungen nach Helmert mit ihrem einheitlichen Maßstab konnten also nicht die optimale Anpassung der Affintransformationen bringen, daher handelt es sich bei der vorliegenden Aufgabe um eine Transformation ungleichartiger Koordinatensysteme.

Die Vermutung lag nahe, daß die solcherart überall zutage tretende Maßstabsinhomogenität auf das Filmmaterial zurückzuführen wäre. Um diesbezüglich Klarheit zu bekommen, wurde ein im Süden an das geschlossene Aufnahmegebiet anschließender Plattenstreifen rechnerisch genau so verarbeitet wie vorher die Filmaufnahmen.

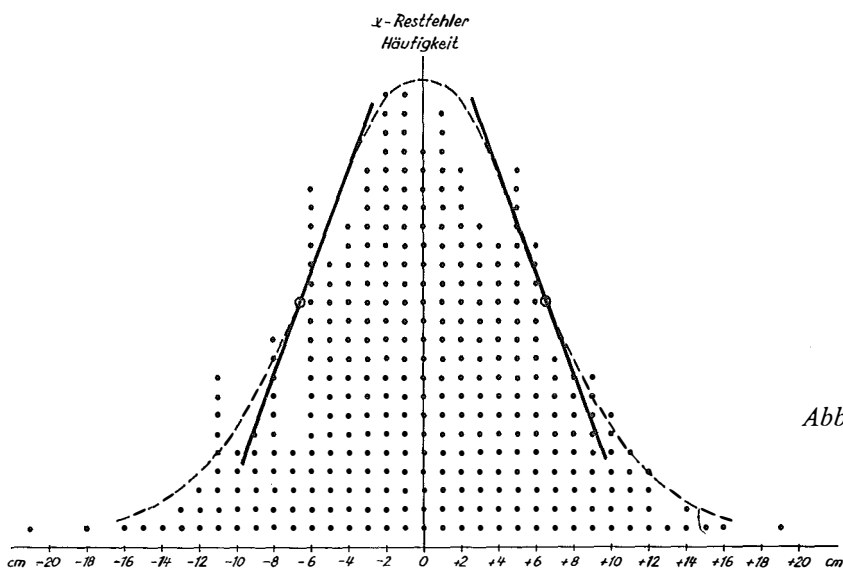


Abb. 3

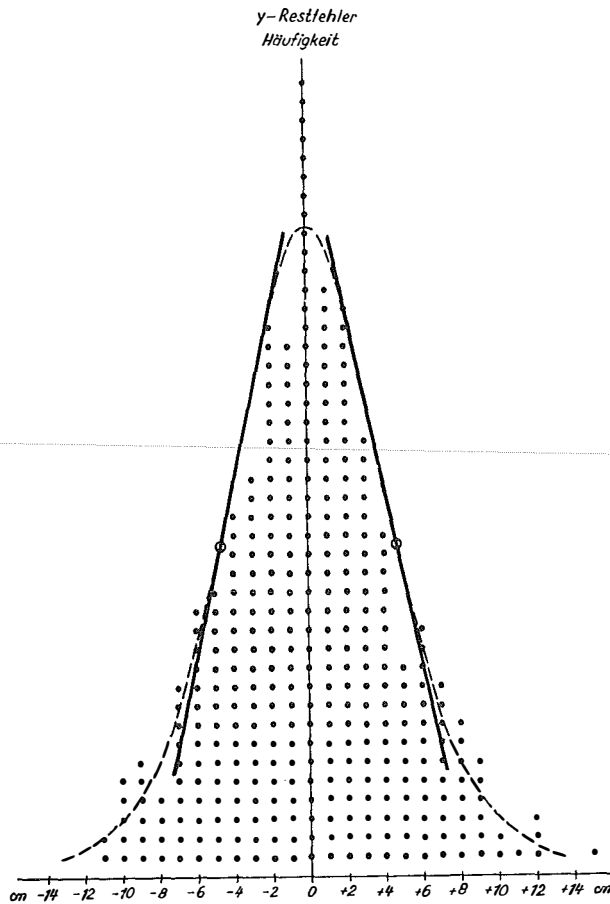


Abb. 4

Es standen 18 Modelle mit 80 gegebenen Koordinatenpaaren zur Einrechnung zur Verfügung. Die Helmert-Transformation ergab  $m_y = \pm 4,7$  cm,  $m_x = \pm 5,1$  cm und daher  $M = \pm 7$  cm, die affine Umrechnung  $m_y = \pm 4,2$  cm,  $m_x = \pm 6,2$  cm und  $M = \pm 7,5$  cm. Beide Einrechnungen geben also im Prinzip dieselben Werte, die auch mit den Größen nach der Affintransformation der *Filmstreifen* bestens übereinstimmen.

Damit ist der Cronarfilm mit seinen Deformationen als Ursache der wesentlichen Genauigkeitsunterschiede erkannt. Ferner müssen diese Filmverformungen in der Streifenrichtung und senkrecht dazu verschiedene Größen haben, da ja eine homogene Deformation durch einen einheitlichen Maßstabsfaktor schon bei der Helmert-Transformation eliminiert worden wäre<sup>3)</sup>.

Faßt man sämtliche Fehlereinflüsse, die die Genauigkeit eines photogrammetrisch ermittelten Punktes bestimmen, in drei Kardinalfehler zusammen,  
 $m_A$  .. mittl. Fehler der Aufnahme (Film einschl. Ausarbeitung, ..)  
 $m_G$  .. mittl. Fehler der Gerätearbeit (Maschinentoleranzen, Einstellfehler u. ä.)

<sup>3)</sup> Siehe zu dieser Frage u. a. auch Wunderlich, Cronar in der großmaßstäblichen Auswerte praxis, BuL 1964; Ahrend, Analyse photogrammetr. Fehler, Zeiss-Mitteilungen, April 1966.

$m_T$  . . . mittl. Fehler der terrestrisch eingemessenen Paßpunkte, sind alle drei Fehler nicht systematisch und voneinander unabhängig, dann kann man als Näherung ansetzen  $M^2 = M_A^2 + M_G^2 + M_T^2$ . Nach einer Helmert-Bearbeitung der Gerätedaten wirken sich im Punktlagefehler alle drei Einflüsse etwa in der angesetzten Form aus. Nach einer Affintransformation hingegen sind nur noch die letzten beiden Ausdrücke von entscheidender Bedeutung, da allenfalls noch vorhandene kleine Filmdeformationsreste gegenüber den anderen Fehlereinflüssen vernachlässigt werden können. Daher kann man genähert setzen

$$M_{He}^2 = M_A^2 + M_G^2 + M_T^2 \text{ beziehungsweise } M_{Aj}^2 = M_G^2 + M_T^2$$

Danach errechnet man den unregelmäßigen Einfluß des Cronarfilms, entsprechend  $M_A^2 = M_{He}^2 - M_{Aj}^2$ , über sämtliche Modelle des Operates, mit  $m_y = \pm 11,3$  cm,  $m_x = \pm 8,5$  cm,  $M = \pm 14,1$  cm, das sind in der Modellebene  $m_y = \pm 23$   $\mu$ m,  $m_x = \pm 17$   $\mu$ m,  $M = \pm 28$   $\mu$ m. bzw. in der Bildebene  $m_y = \pm 9$   $\mu$ m,  $m_x = \pm 7$   $\mu$ m,  $M = \pm 11$   $\mu$ m.

Der nächste Arbeitsschritt war die affine Einrechnung der zu bestimmenden EP in die jeweils nächstumliegenden, durch terrestrisch eingemessene Punkte gebildeten Dreiecke. Es erfolgte also damit grundsätzlich eine Berücksichtigung der lokalen Verzerrung, wie sie auf Grund der gerätetmäßigen Dreieckskoordinatenmessung ermittelt werden konnte.

Damit wurde vor allem erreicht, daß die Werte mit der größten Genauigkeit, also die terrestrisch bestimmten Punkte, auch durch die Einrechnung keine Veränderung erfahren und daß schließlich Punkte, die genau in der Verbindungslinie zweier Eckpunkte liegen, bis auf den Einfluß von  $M_G$ , dieselben Koordinaten bekommen müssen, unabhängig davon, von welchem der beiden zusammenstoßenden Dreiecke aus man sie rechnet. (Der zufällige Charakter des Fehlers der Gerätearbeit  $M_G$  würde dann in diesem Fall auch eine Mittelbildung bei der Berechnung eines solcherart bestimmten Punktes rechtfertigen.)

Natürlich heißt aber diese scheinbar widerspruchsfreie Einrechnung eines EP in die ihn umgebende Figur nicht, daß dieser Punkt fehlerfrei ist. Die Genauigkeit der Figuren wird vor allem durch den Fehler der terrestrisch eingemessenen Punkte  $M_T$  und die Präzision der Gerätearbeit  $M_G$  bestimmt. Es ist klar, daß 1. der geometrische Ort aller Punkte mit  $\pm \sqrt{M_T^2 + M_G^2}$  eine Kurve ist, die durch die 3 Punkte jeder Dreiecksfigur gehen muß und daß 2. im Inneren jeder Figur die Genauigkeit zunimmt<sup>4</sup>). Also ist mit  $M = \pm 8,6$  cm ( $m_y = \pm 5$  cm und  $m_x = \pm 7$  cm) der größte, an den Figurenrändern auftretende Fehler über alle A-Modell-Figuren gegeben. (Siehe Abb. 2.)

Die darauf folgende, letzte Arbeitsphase der Auswertung wurde insofern generalisiert, als die Bearbeitung der Kontrollmodelle ohne Figurenunterteilung vorgenommen und daher bei der, wieder affinen Umrechnung die Transformationselemente für alle Punkte eines Modelles bestimmt wurden.

Die dabei zu erwartende Genauigkeit konnte folgendermaßen abgeschätzt werden. Aus den A-Modell-Affintransformationen hat sich bekanntlich als größter

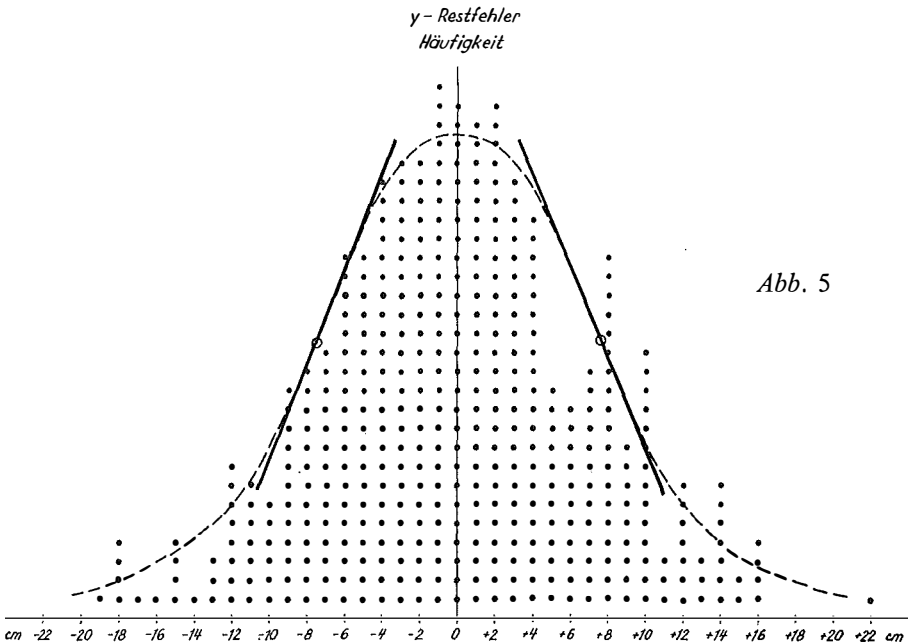
<sup>4</sup>) Siehe zum Beispiel Lehmann, Zur Transformation photogrammetrischer Maschinenkoordinaten in Landeskoordinaten, ZfV 1956/6.

Wert  $M = \pm 8,6$  ergeben ( $m_y = \pm 5$  und  $m_x = \pm 7$  cm). Da der mittlere Fehler der terrestrisch eingemessenen Punkte mit  $m_y = m_x = \pm 3$  cm ( $M = \pm 4$  bis 5 cm) angesetzt werden kann, gibt der mittlere Fehler der Gerätearbeit (für die  $A$ -Modelle)  $m_{Gy} = \pm \sqrt{5^2 - 3^2} = \pm 4$  cm beziehungsweise  $m_{Gx} = \pm \sqrt{7^2 - 3^2} = \pm 6,3$  cm, das sind in der Bildebene  $\pm 3,2 \mu m$  bzw.  $\pm 5 \mu m$ . Bei der  $K$ -Modell-Einrechnung wird aber dann der durch zufällige Fehler verfälschte wahre Wert eines Punktes auf einen anders, das heißt durch *andere* zufällige Fehler verfälschten Wert desselben Punktes transformiert. *Nach* der Umrechnung der  $K$ -Modell-Daten in das  $A$ -System stecken daher in den transformierten Werten: der Fehler der terrestrischen Paßpunktbestimmung, der Fehler der  $A$ -Auswertung und jener der  $K$ -Auswertung. Da bei der  $K$ -Modell-Beobachtung jeder Punkt im Durchschnitt nur halb so oft eingestellt wird, wie bei der  $A$ -Modell-Auswertung, ist der  $K$ -Fehleranteil (in der Bildebene)  $\pm 4,5 \mu m$  in  $y$  und  $\pm 7 \mu m$  in  $x$  (das sind  $\pm 5,6$  bzw.  $\pm 8,7$  cm). Damit mußte also nach der  $K$ -Modell-Transformation erwartet werden:  $m_y = \pm \sqrt{3^2 + 4^2 + 5,6^2} = \pm 7,5$  cm, beziehungsweise  $m_x = \pm \sqrt{3^2 + 6,3^2 + 8,7^2} = \pm 11$  cm.

Die auf den schon eingangs erwähnten Überlegungen beruhende Bestimmung der mittleren Fehler ergab die, für die Gesamtheit aller  $K$ -Modelle als obere Grenze charakteristischen, größten Werte von  $m_y = \pm 8,3$  cm und  $m_x = \pm 11$  cm ( $M = \pm 13,8$  cm).

Zum Vergleich sei auch noch die Restfehlerverteilung in dem südlich anschließenden  $K$ -Streifen gezeigt. Abb. 7 und 8. Sie gibt  $m_y = \pm 7,5$  cm und  $m_x = \pm 10$  cm ( $M = \pm 12,5$  cm).

Diese mittleren Fehlerwerte sind ihrem Wesen nach Mittelwerte von Differenzen. Und zwar der Differenzen  $K$ -Modell-Wert minus  $A$ -Modell-Wert. Im Prinzip handelt





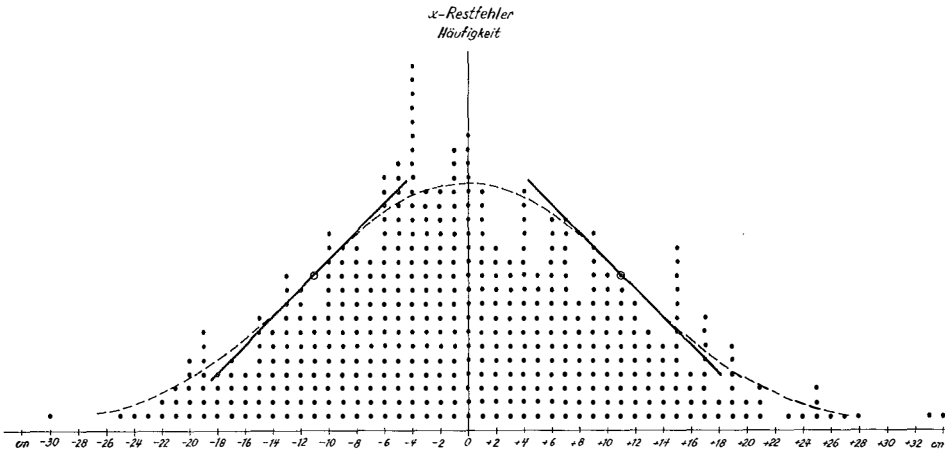


Abb. 6

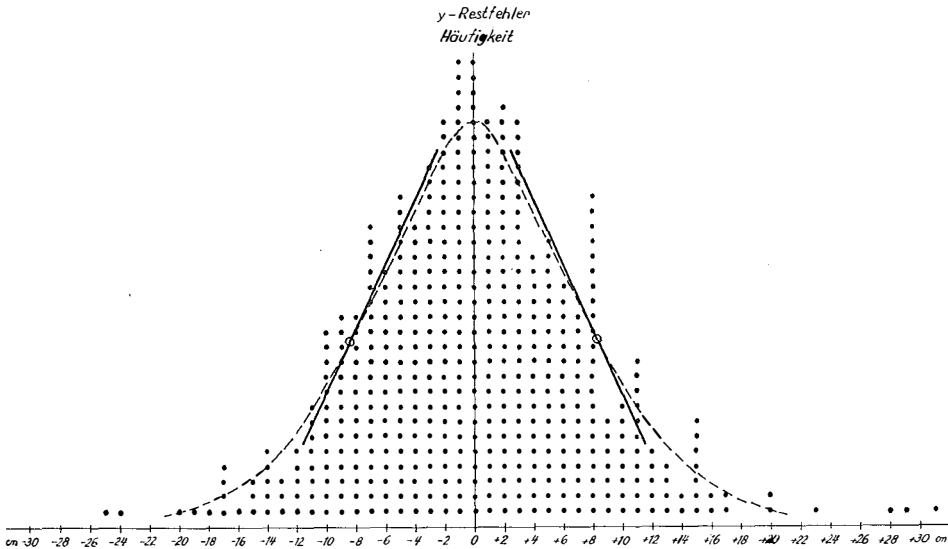


Abb. 7

es sich also dabei um Doppelmessungen, so daß der mittlere Fehler des Mittelwertes  $M_m = \pm 7$  cm beträgt.

Man kann natürlich das Gewicht des Mittels (und damit seinen mittleren Fehler) auch durch Addition der Einzelgewichte bestimmen. Das Gewicht der *A*-Modell-Werte ist  $C/8,6^2$ , das der *K*-Modell-Werte  $C/13,8^2$ . Daher haben die aus *A*- und *K*-Modellen gemittelten Werte einen mittleren Fehler von  $\pm 7,2$  cm. (Im *y* ...  $\pm 4,3$  cm und im *x* ...  $\pm 5,6$  cm.)

Schließlich wurden noch die Transformationselemente von Modell zu Modell und daraufhin zwischen *A*-Streifen und *K*-Streifen verglichen. Abbildung 9 zeigt, repräsentativ für alle Streifen, Verzerrungsfiguren der einzelnen, aufeinanderfolgen-

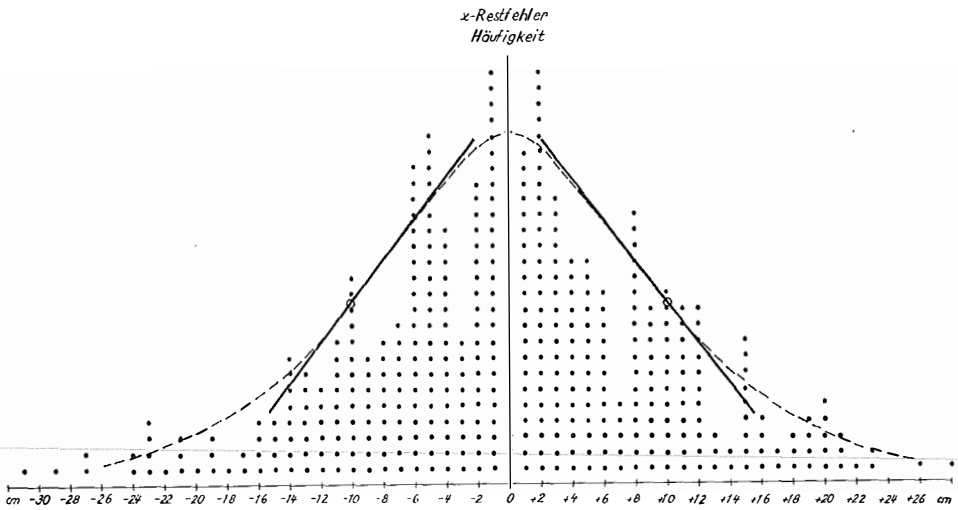


Abb. 8

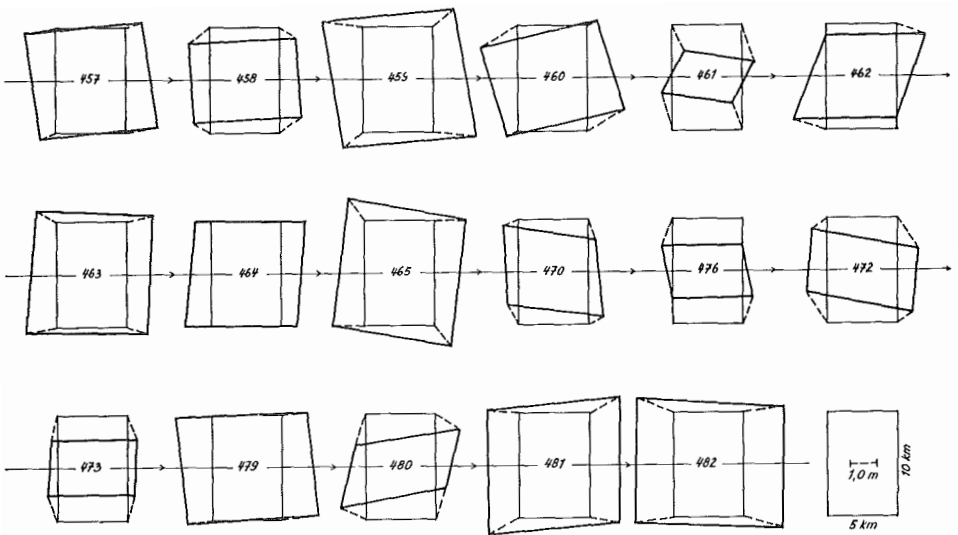


Abb. 9

den Modelle des Streifens 7. Zu dem Zweck wurde ein immer gleich großes Rechteck mit den jeweiligen Transformationsgrößen des betreffenden Modelles umgerechnet und die Differenzen zu den Soll-Eckpunkten aufgetragen. Geht man den Streifen von Modell zu Modell durch, dann kann man im allgemeinen keine, sich von Modell zu Modell fortpflanzende Systematik erkennen.

Die Abbildung 10 zeigt dazu auch die Werte der, über die Modellmitten gemessenen Verzerrungsgrößen der aufeinanderfolgenden Modelle in  $x$  und  $y$ . Die

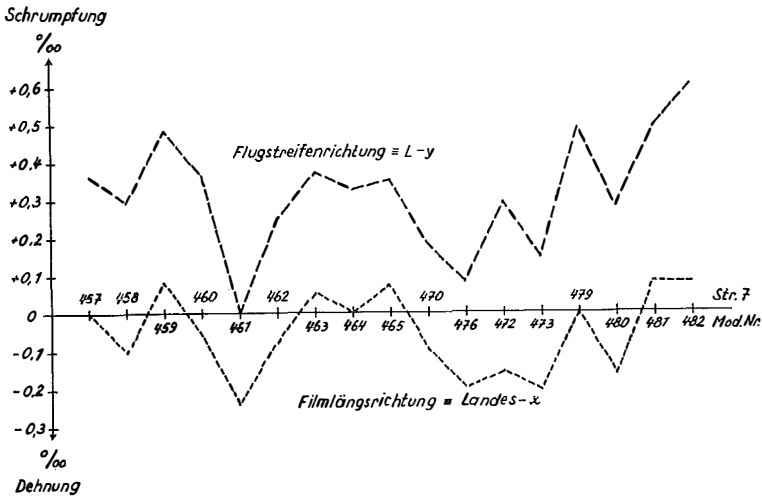


Abb. 10

Größen schwanken von Modell zu Modell um 0,1 bis 0,30/00, sind aber generell um rund 0,40/00 in  $x$  und  $y$  verschieden.

Daraus kann man jedoch folgern, daß die auf Grund einer Einzelmodellauswertung erreichte Genauigkeit über eine Aerotriangulierung (mit weniger Paßpunkten) aus Cronarfilmaufnahmen schon deswegen nicht erreicht werden könnte — abgesehen von sämtlichen anderen Überlegungen — weil ein aus wenigen Punkten am Streifenanfang, in der Mitte und am Ende berechneter Maßstabsfaktor nur einen kontinuierlich veränderlichen Anteil der Deformationen eliminieren könnte.

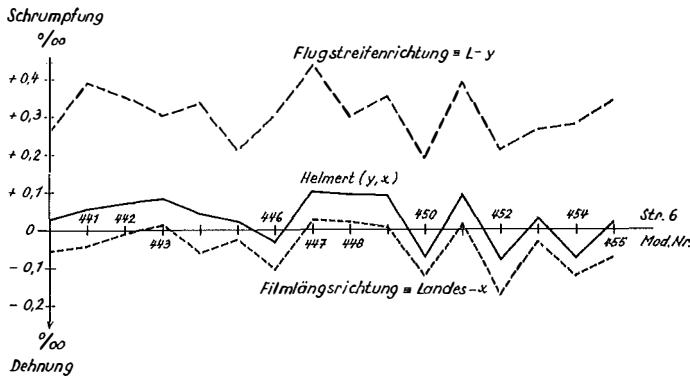


Abb. 11

Stellt man die Affintransformationsfaktoren dem Helmert-Durchschnittsfaktor gegenüber, wie dies für die Modelle des Streifens 6 in Abbildung 11 geschehen ist, so fällt auf, daß die Kurve des  $y$ -Affinfaktors wesentlich stärker von der Durchschnitts-Helmert-Linie abweicht, als die  $x$ -Affinkurve. Daraus erklärt sich aber die stärkere Abnahme in der  $m_y$ -Fehlerlinie beim Übergang von Helmert auf affin, als die der  $m_x$ -Linie, die man bei einem Vergleich der Abbildungen 1 und 2 feststellen kann.

Entnimmt man aus Abb. 1 den  $m_y$ -Wert nach der Helmert-Transformation für den Streifen Nr. 6 mit  $\pm 16,5$  cm, den entsprechenden Wert nach der Affin-Umrechnung (aus Abb. 2) mit  $\pm 5,5$  cm, so ergibt sich nach dem Quadratwurzengesetz ein konstanter Anteil aus dem Cronarfilm mit  $\pm 15,5$  cm. Geht man von der Punktlage auf das flächige Modell über, so tritt dieser Wert an beiden Rändern auf. Man muß also mit einer Streuungsbreite von 31 cm rechnen. Das sind bei der durchschnittlichen Modellbreite von 1 km  $\dots 0,30/00$ , was als mittlerer Abstand zwischen der Durchschnitts-Helmert-Linie und der  $y$ -Affinfaktor-Linie in Abb. 11 zutage tritt. Ebenso entnimmt man für  $m_x$  (Streifen 6)  $\pm 13$  cm beziehungsweise  $\pm 6$  cm, was einen konstanten Anteil aus dem Cronarfilm von  $\pm 11$  cm gibt. Die Streuungsbreite ist daher 22 cm, was bei der  $x$ -Erstreckung der Modelle von 2 km  $\dots 0,10/00$  bedeutet. Auch diese Größe tritt in Abb. 11 als Differenz zwischen der Helmert-Linie und der  $x$ -Affin-Linie schön in Erscheinung.

Zusammenfassend kann man daher sagen: der Cronarfilm hat nach einer Helmert-Transformation senkrecht zu seiner Längsrichtung noch einen wesentlich größeren, mehr oder weniger konstanten Deformationsanteil, als in seiner Bandrichtung. Vernachlässigt man den unter  $\pm 0,10/00$  liegenden Verformungsanteil, den eine Helmert-Umrechnung eliminiert, so weist der Cronarfilm senkrecht zu seiner Längsrichtung eine konstante Schrumpfung von  $0,2-0,40/00$  auf, das sind bei 23 cm Filmbreite  $\dots 0,05-0,09$  mm, während senkrecht dazu, also in der Filmlängsrichtung eine durchschnittliche Dehnung von nur  $0,10/00$  auftritt, was 0,02 mm ausmacht.

Durch *affine* Einrechnungen können diese Inhomogenitäten eliminiert werden.

In einem so bearbeiteten Operat konnten im Bundesamt Einschaltpunkte — nach zweifacher, unabhängiger *Analogauswertung* — mit einer mittleren Punktlage von  $M = \pm 7$  cm bestimmt werden.

Somit konnte der, einer *photogrammetrischen* EP-Bestimmung auferlegten Forderung — Punktlagefehler unter  $\pm 10$  cm — eindeutig entsprochen werden und es steht zu erwarten, daß dies nicht nur, wie im vorliegenden Fall, in der Ebene, sondern auch in kupertem Gelände der Fall sein wird.

## **Zur Frage der Genauigkeit bei photogrammetrischen Katasterauswertungen**

von *Ewald Werner*, Leoben

### *1. Einleitung*

#### *Allgemeines über die verwendete Methode*

Im folgenden wird über einige Ergebnisse bei der Verwendung photogrammetrischer Methoden zur Schaffung der geodätischen Unterlagen für die Durchführung von zwei Grundzusammenlegungen bei steirischen Agrarbehörden berichtet.

Im ersten Fall (Zusammenlegung *Pöls*) handelt es sich um ein Gebiet von rund 500 ha Größe, wovon allerdings nur 260 ha Zusammenlegungsgebiet sind, während der Rest unter Mitwirkung der Katasterdienststelle für agrarische Operationen be-