

DEUTSCHE GEODATISCHE KOMMISSION
bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

Reihe A: Höhere Geodäsie — Heft Nr. 54 / Teil III

BEITRÄGE ZUR NUMERISCHEN PHOTOGRAMMETRIE

Herausgegeben von M. Kneißl

III

HEINRICH SEIFERS

Ankopplung der »Z 11« an den Stereoplanigraph

München 1959

Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften
in Kommission bei der C. H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung, München

Adresse der Deutschen Geodätischen Kommission:

DEUTSCHE GEODÄTISCHE KOMMISSION

München 22, Marstallplatz 8



1959.3698 G

Copyright 1959 by Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut, München.
Alle Rechte vorbehalten. Ohne Genehmigung der Herausgeber ist es auch nicht gestattet,
die Veröffentlichung oder Teile daraus auf photomechanischem Wege (Photokopie, Mikrokopie)
zu vervielfältigen.

Gesamtherstellung: Institut für Angewandte Geodäsie, Frankfurt a. M.

Vorwort

Die numerische Photogrammetrie gewinnt auch für die Landesvermessung größere Bedeutung. Durch die Verfeinerung photogrammetrischer Triangulationen, insbesondere durch die bei Einsatz elektronischer Automaten möglichen analytischen Verfahren, kann erwartet werden, daß in vielen Fällen die terrestrischen Methoden der Punktbestimmung bei Polygonierungen und Triangulationen niedriger Ordnung durch photogrammetrische Verfahren ersetzt werden können.

Aus diesem Grunde werden im DGFI in Zusammenarbeit und mit Unterstützung der Firma Zeiss-Aerotopograph Untersuchungen über die Genauigkeit und Verwendungsmöglichkeit der numerischen photogrammetrischen Verfahren durchgeführt und die bisherigen Ergebnisse hierzu in drei Heften vorgelegt.

Im einzelnen berichtet Herr Dr. Brucklacher in Teil I über die Ausgleichung von photogrammetrischen Streifentriangulationen, die auch in Zukunft neben der Blocktriangulation noch weitere Bedeutung haben werden. Herr Professor Dr. Rinner bringt in Teil II die Ergebnisse theoretischer Betrachtungen über den Einfluß der Definition der Landeskoordinaten. Die von Dr. Rinner aufgezeigten Fehlerquellen werden bei einer weiteren Verfeinerung der photogrammetrischen Verfahren Berücksichtigung finden müssen. In einer Arbeit von Herrn Oberkulturbaurat Dr. Seifers werden in Teil III schließlich Programmierungen besprochen, welche die völlige automatische Auswertung photogrammetrischer Ausmeßergebnisse bei Verwendung des Rechenautomaten Zuse Z 11 gestatten. Durch den damit beschrittenen Weg wird die Wirtschaftlichkeit photogrammetrischer Verfahren wesentlich gesteigert werden können.

Die drei Arbeiten stellen Beiträge zur numerischen Photogrammetrie dar und es darf erwartet werden, daß sie für die weitere Entwicklung dieser Disziplin von Bedeutung sein werden.

Der Firma Zeiss-Aerotopograph darf für die vertrauensvolle Zusammenarbeit und Unterstützung unserer Forschungsarbeiten bestens gedankt werden.

gez. M. Kneißl

Inhalt

| | Seite |
|---------------------------------------------------------------------|-------|
| 1. Einleitung | 7 |
| 2. Die Helmert-Transformation | 7 |
| 3. Ausgleichung eines Flugstreifens bei Aerotriangulation | 11 |
| 4. Ausstattung einer Z 11 für Luftbildmessung | 17 |
| 5. Bedienungs-Anweisung der Ecomat-Programme | 21 |
| Mittelbildung | 22 |
| Helmert-Transformation | 23 |
| Ankippung | 26 |
| Streifen-Ausgleichung | 27 |
| Literatur | 30 |

1. Einleitung

Die neueren Stereokartiergeräte, wie z. B. der Stereoplanigraph C 8 von ZEISS-AEROTOPOGRAPH, sind mit einem Koordinaten-Druckzählwerk ausgestattet, mit dessen Hilfe die „Modell“-Koordinaten x , y , z und die Nummer des eingestellten Modell-Punktes mechanisch registriert werden. Diese Modell-Koordinaten sind sodann in der Regel durch eine Helmert-Transformation in Landes-Koordinaten umzuformen, wobei die Transformationselemente meistens noch auf einer Tischrechenmaschine gebildet werden, während die Umformung der Neupunkte häufig schon auf mittleren Lochkartenanlagen, wie z. B. der IBM 604, durchgeführt wird.

Die bisherige Notwendigkeit, die Modell-Koordinaten vom Registrierblatt des Druckzählwerkes manuell in die programmgesteuerte Rechenmaschine einzugeben, die befähigt wäre, Lochkarten oder Lochstreifen abzutasten, hat Herstellerfirmen der Stereokartiergeräte veranlaßt, automatische Registrieranlagen für diese Geräte zu entwickeln, mit deren Hilfe die Koordinaten und Punktnummern sogleich in Lochstreifen gestanzt werden. K. Schwidofsky hat in [2] die große Bedeutung dieser Neuerung für die „numerische Photogrammetrie“ dargelegt.

Das Rechengerät Z 11 der Firma ZUSE K. G., Bad Hersfeld, ist nun hervorragend geeignet, die Lochstreifen obiger Registrieranlagen unmittelbar zu verarbeiten. Die bezüglichen Rechenprogramme wurden in Verbindung mit dem Magnetzählwerk „Ecomat“ von ZEISS-AEROTOPOGRAPH entwickelt und betreffen zunächst diejenigen Probleme der numerischen Photogrammetrie, die mit dem Stereoplanigraphen zu lösen sind, nämlich die Transformation von Modell-Koordinaten in Landes-Koordinaten und die Streifen-Ausgleichung bei einer Aerotriangulation.

Der „Ecomat“ besteht aus dem „Magnetzähler“, der mit dem Stereoplanigraphen gekoppelt ist und die eingestellten Werte abzulesen gestattet, dem „Zifferntaster“, der vom Magnetzähler unabhängige Punktnummern einzutasten gestattet, dem „Schreibautomat“, der ein Schreibmaschinen-Protokoll über alle Werte führt, und dem „Streifenlocher“, der die Werte im Fernschreibcode in einen Lochstreifen stanzt. Der Magnetzähler registriert die Modell-Koordinaten in der Reihenfolge z , x , y und die fortlaufende Punktnummer, wobei x siebenstellig und y , z sechsstellig angegeben werden, während sich die Punktnummer aus vier fortschaltbaren Stellen mit einer vorgesetzten, manuell einzustellenden Ziffer zusammensetzt. Diese Registrierwerte können nun durch Betätigung einer Auslösetaste auf den Schreibautomaten und von dort auf den Streifenlocher elektrisch übertragen werden, wobei sowohl ihre Reihenfolge geändert als auch Werte ausgelassen werden können. Die Steuerung aller Vorgänge wird von einer Steuerplatte im Wagen des Schreibautomaten übernommen.

Über die „Z 11“ hat Verfasser schon wiederholt berichtet. In den beiden folgenden Abschnitten wird die Lösung obiger Aufgaben beschrieben, während der vierte Abschnitt die weitere Anwendung der Z 11 in der Photogrammetrie kurz behandelt.

2. Die Helmert-Transformation

Bei der Luftbildmessung im Rahmen einer Katasterneuvermessung oder Flurbereinigung ist die Aufgabe gestellt, die „Modell“-Koordinaten der im Stereoplanigraphen eingestellten Grenzpunkte in Landes-Koordinaten umzuformen. Die Transformation erfolgt modellweise, nachdem für jedes Stereomodell die notwendige Anzahl von Paßpunkten entweder terrestrisch oder durch Folgebildanschluß bestimmt worden ist und somit die Modell-Koordinaten sowohl der Paßpunkte als auch der Neupunkte modellweise registriert werden können.

Zu Beginn der Ausmessung eines Modells sind die Paßpunkte gesondert einzustellen und zu registrieren, da deren Koordinaten zur Berechnung der Transformationselemente vorweg benötigt werden. Hierauf kann sich unmittelbar die Aufnahme der Neupunkte anschließen. Da nun die Registrieranlage „Ecomat“ dazu eingerichtet ist, auch automatisch fortschreitende Punktnummern zu lochen, und diese Numerierung sich durch alle Rechengänge fortpflanzen kann, erscheint es vorteilhaft, jene nicht als zusätzliche „fortlaufende“ Nummern aufzufassen, sondern mit den endgültigen Katasternummern zu identifizieren; es ist dann die Möglichkeit gegeben, auf dem Schreibwerk der Z 11 sogleich das Koordinatenverzeichnis zu drucken.

Die Katasternummern haben doch neben der gemarkungsweisen Ordnung nur die eine Bedingung zu erfüllen, in zusammenhängender Reihenfolge durch das Gelände zu laufen. Es wird also in der Regel möglich sein, die Numerierung einem Photogrammeter zu überlassen, der sie in einer Reihenfolge vorgibt, in der auf dem Stereoplanigraphen günstig gefahren werden kann. Praktisch ergibt sich so eine Numerierung entsprechend dem Schema Abb. 1.

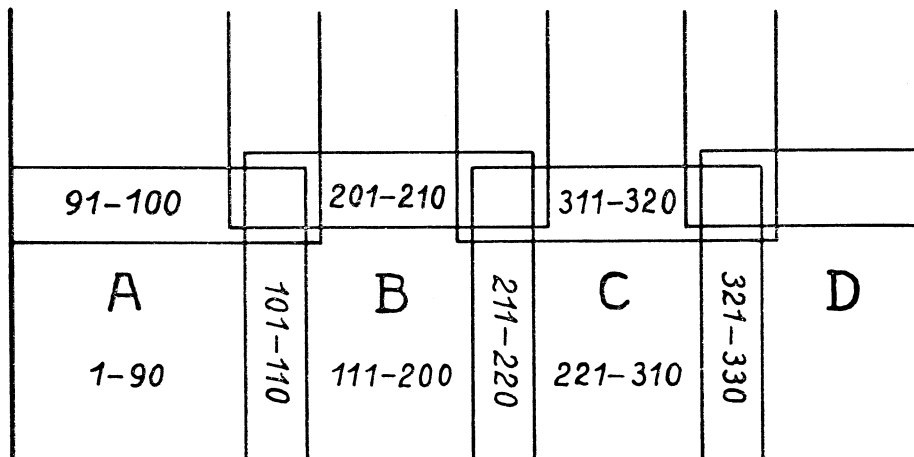


Abb. 1 — Schema der Punktnumerierung

In jedem Modell (A, B, C ...) eines Flugstreifens werden zuerst diejenigen Punkte fortlaufend durchnummeriert (z. B. 1—90), die nur in dem betreffenden Modell einzustellen sind. Hierauf wird mit den Punkten weaternumeriert (z. B. 101—110), deren mehrfache Aufnahme zufolge Überlappung der Modelle vorgesehen ist. In die laufende Numerierung sind auch diejenigen Punkte einzubeziehen, von denen bereits feststeht, daß sie terrestrisch nachzumessen sind.

Bei der Registrierung der Wertegruppe eines Punktes werden zuerst die Koordinaten und dann die Nummer übertragen. Dabei wird die z-Koordinate nur vom Schreibautomaten übernommen und nicht gelocht, sofern im späteren Koordinatenverzeichnis die Höhen nicht gewünscht werden. Hinsichtlich der x-y-Koordinaten ist zu beachten, daß bei der Transformation das Modellsystem die gleichen Achsenrichtungen wie das Landessystem aufweisen muß. Es ist daher beim Gauß-Krüger-System der Nullpunkt des Modellsystems stets in die südwestliche Ecke des Streifens zu legen. Bei Nord-Süd-Flug würden sich dann die Achsen decken, während bei Ost-West-Flug x und y vertauscht wären. Da aber im Gauß-Krüger-System zuerst der Rechts- und dann der Hochwert angegeben wird, muß bei Nord-Süd-Flug zuerst y und dann x und bei Ost-West-Flug zuerst x und dann y registriert werden (Abb. 2).

Die Lochstreifen-Eingabe der Z 11 verlangt grundsätzlich achtstellige Zahlen. Es werden daher die sechs- bzw. siebenstelligen Werte der Modell-Koordinaten bei der Streifenlochung durch vorgesetzte Nullen auf acht Stellen ergänzt. Die fünfstelligen Punktnummer wird durch eine vorgesetzte Null zunächst nur auf sechs Stellen ergänzt. Nach erfolgter Registrierung der Wertegruppe eines

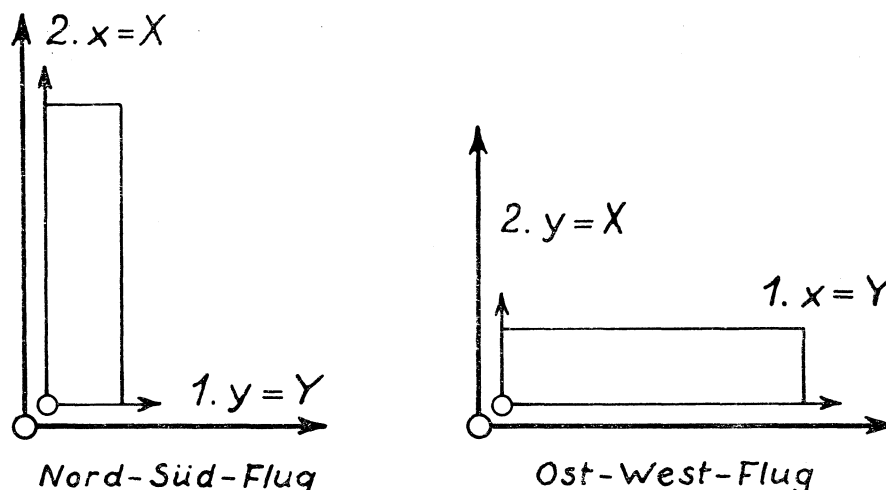


Abb. 2 — Achsenrichtungen bei Helmert-Transformation

Punktes können nämlich die beiden untersten Ziffern der Nummer mit dem Zifferntaster von Hand eingetastet werden. Dadurch ist es möglich, den laufenden Katasternummern nach einer Kommalücke zweistellige Unternummern anzufügen. Erst nach Eingabe dieser beiden Ziffern kann der nächste Punkt registriert werden.

Als Unternummer werden im allgemeinen zwei Nullen einzugeben sein. Der Zifferntaster trägt aber noch eine elfte Taste für das „Irrungs“- („Buchstaben“-) Zeichen des Fernschreibcodes. Dieses Zeichen kann anstelle einer der beiden Ziffern der Unternummer eingegeben und gelocht werden. Es wird vom Schreibautomaten als Minuszeichen und vom Rechengesät Z 11 als Null mit Sprungbedingung „Bu“ aufgefaßt. Das Bedingungs-Relais Bu bewirkt in den Rechenprogrammen der Z 11, daß bei der Bildung der Transformationselemente ein Paßpunkt mit Bu in der Punktnummer nicht verwendet wird, und daß bei der Transformation der Neupunkte im Koordinatenverzeichnis von einem Punkt mit Bu nur dessen Nummer, nicht aber die Koordinaten geschrieben werden. Das Irrungs-Zeichen kann auch nachträglich von Hand überlocht werden. Durch diese Einrichtung ist es möglich, schlecht eingestellte oder falsch identifizierte Paßpunkte auf dem Lochstreifen zu löschen und für Punkte, die fortlaufend mitnumeriert wurden und terrestrisch nachzumessen sind, im Koordinatenverzeichnis automatisch den Platz für die nachzutragenden Koordinaten freizulassen.

Der Beobachter am Stereoplanigraph hat also zuerst die Paßpunkte und dann die Neupunkte des Modellinneren und der Modellränder unter Einhaltung der vorgegebenen Nummernfolge felderweise einzustellen und zu registrieren. Ist die Unternummer 00, so braucht er jeweils nur die Auslösetaste am Magnetzähler zu betätigen, da die Punktnummer automatisch fortschreitet und mit Nullen ergänzt wird, wenn der Zifferntaster nicht benützt wurde. Zwischen den einzelnen Feldern ist nur auf dem Locher ein Stück Leerstreifen zu geben.

Bei der Ausmessung eines Modells ist es üblich, die Neupunkte jeweils zweimal und die Paßpunkte mindestens zweimal einzustellen und zu registrieren, worauf zur Transformation die Mittelwerte der Modell-Koordinaten zu bilden sind. Wie die praktischen Erfahrungen des Flurbereinigungsamtes Bamberg zeigen, kann die mehrfache Einstellung ein und desselben Punktes ohne Nachteil unmittelbar nacheinander erfolgen. Die Programme für die Rechenanlage Z 11 jener Dienststelle wurden daher so gestaltet, daß bei der Bildung der Transformationselemente solange aufeinanderfolgende Paßpunktregistrierungen gemittelt werden, als diese eine gleichbleibende Punktnummer haben, während bei der Transformation der Neupunkte jeweils zwei aufeinanderfolgende Registrierungen gemittelt werden. Zu diesem Zweck wurde auch am Magnetzähler ein Umschalter angebracht, der die Vorrückung der Punktnummer nach jeder einzelnen oder jeder zweiten Registrierung erlaubt oder ganz abzuschalten gestattet.

Erscheint aber die Doppelmessung eines Punktes in unmittelbarer Folge bedenklich und soll die doppelte Ausmessung eines Modells in zwei getrennten Durchgängen erfolgen, so entstehen zwei

Lochstreifen, deren Inhalt vor der Transformation gemittelt werden muß. Dies läßt sich auf der Z 11 mit einem besonderen Rechenprogramm durchführen, das aber neben der Mittelung der Koordinatenwerte noch weitere Funktionen zu erfüllen hat und folgendermaßen abläuft:

Nachdem die beiden Lochstreifen in die beiden Köpfe des Abtasters eingelegt wurden, wird das Programm „Mittelbildung“ eingeschaltet, das zu Beginn die Eintastung der höchstzulässigen Differenz „d“ zwischen zwei Einstellungen des gleichen Punktes fordert. Hierauf werden von jedem Lochstreifen die Koordinaten und die Nummer eines Punktes abgetastet. Die Z 11 prüft jetzt zuerst, ob die beiden Punktnummern Irrungszeichen enthalten. Enthält nur eine Nummer dieses Zeichen, so dürfte eine irrtümliche Einstellung vorliegen, die wiederholt wurde. Es rückt dann der Lochstreifen mit dem Irrungszeichen automatisch um eine Registrierung vor. Enthalten aber beide Nummern das Zeichen, so dürfte es sich um einen terrestrisch nachzumessenden Punkt handeln. In diesem Falle wird das Irrungszeichen auf den Resultat-Lochstreifen übertragen. Nun prüft die Z 11, ob die beiden Punktnummern den gleichen Wert haben. Trifft dies nicht zu, so dürfte in einem der beiden Durchgänge eine Einstellung zu wenig oder zu viel registriert worden sein. Es stoppt dann das Programm und gibt dem Bediener Gelegenheit, die beiden Lochstreifen wieder richtig einzulegen. Nach dem Nummernvergleich stellt die Z 11 fest, ob eine der Differenzen zwischen den Koordinatenwerten der beiden Registrierungen den vorgegebenen Betrag „d“ überschreitet. Ist dies der Fall, so schreibt die Z 11 die Differenzen mit der Punktnummer heraus und gibt dem Bediener wieder in einem Halteschritt Gelegenheit, durch Betätigung der entsprechenden Anlaßtaste zu entscheiden, ob die Registrierung verwendet werden soll oder nicht. Im letzteren Fall erhält die Punktnummer das Irrungszeichen. Schließlich werden die Koordinatenwerte gemittelt und gelocht. Bei Auftreten des Leerstreifens beendet das Programm automatisch, nachdem es sich zu jeder Registrierung wiederholt hatte.

Die Schilderung dieses Programms läßt erkennen, daß die automatische Mittelung bei Doppelmessung in getrennten Durchgängen einen größeren Aufwand in der Programmierung erfordert als bei Doppelmessung in unmittelbarer Folge, wenn Irrungen berücksichtigt werden sollen. Vor allem aber wird sich erst beim zweiten Durchgang herausstellen, welche Einstellungen beim ersten Durchgang hätten korrigiert werden müssen. In diesen Fällen entstehen im Koordinatenverzeichnis mehr Lücken als bei Doppelmessungen in unmittelbarer Folge. Ferner sei erwähnt, daß Durchgänge mit umgekehrter Nummernfolge nicht automatisch gemittelt werden können.

Liegt nun der Lochstreifen mit den Paßpunkten und den Neupunkten vor, so kann mit der Erstberechnung der Transformationselemente begonnen werden. Zu diesem Zweck wird der Lochstreifen in den Abtastkopf I der Z 11 eingelegt, ein entsprechender Programmschalter auf „Ecomat“ gestellt und das Vorprogramm „Helmert-Umformung“ eingeschaltet. Die Z 11 mittelt nun aufeinanderfolgende Registrierungen der Paßpunkt-Koordinaten x, y so lange, als diese die gleiche Nummer haben, und schreibt diese Punktnummer heraus. Hierauf wird der Bediener durch Transparente aufgefordert, die zugehörigen Landes-Koordinaten einzutasten. Dieser Vorgang wiederholt sich so lange, bis das erste Leerstreifen-Zwischenstück nach den Paßpunktregistrierungen den Rechengang umlenkt und stoppt. Die Z 11 liefert dabei einen Hilfslochstreifen mit den gemittelten Modell- und den Landes-Koordinaten der Paßpunkte aus und berechnet und schreibt die Koordinaten des Schwerpunktes im Modell- und Landessystem. Jetzt wird der Hilfslochstreifen vom Locher abgetrennt und in den Abtastkopf II eingelegt und eine Anlaßtaste gedrückt, worauf die Z 11 nach den bekannten Formeln der Drehstreckung die Transformationselemente $v \cdot \sin \epsilon$ und $v \cdot \cos \epsilon$ berechnet und heraus schreibt und „gespeichert“ meldet.

Nach der Berechnung der Transformationselemente muß durch Umformung der Modell-Koordinaten der Paßpunkte und Vergleich mit den gegebenen Landes-Koordinaten festgestellt werden, ob die Restfehler v_x, v_y innerhalb des zulässigen Höchstmaßes bleiben und somit alle Paßpunkte beibehalten werden können. Diese Feststellung erfolgt durch ein besonderes Zwischenprogramm „Paßpunkte“. Hierzu wird der Hilfslochstreifen nochmals in den Abtaster II eingelegt und dieses Programm eingeschaltet. Die Z 11 transformiert dann die Paßpunkte und schreibt die berechneten Landes-Koordinaten und deren Differenzen v_x, v_y von den gegebenen Landes-Koordinaten, sowie am Schluß die Kontrollsummen $[v_x], [v_y]$ heraus.

Hat sich nun gezeigt, daß die Restfehler eines Paßpunktes das zulässige Maß überschreiten, so müssen die Transformationselemente unter Auslassung dieses Punktes nochmals berechnet werden,

was wieder auf dem obigen Programm „Helmert-Umformung“ geschieht, indem nur der Programmschalter auf „Lochstreifen“ umgestellt und der Hilfslochstreifen abermals in Abtaster II eingelegt wird. Die Z 11 schreibt jetzt die Modell- und Landeskoordinaten der Paßpunkte heraus und gibt dabei dem Bediener jedesmal Gelegenheit, durch Betätigung der entsprechenden Anlaß taste zu entscheiden, ob der betreffende Paßpunkt weiter verwendet werden oder ausscheiden soll. Ist der letzte auszulassende Paßpunkt behandelt, so kann das Programm durch Umlegen des Schalters „ohne Stop“ ohne Aufenthalt zu Ende geführt werden. Die Z 11 hat dabei einen neuen Hilfslochstreifen ohne die fehlerhaften Paßpunkte ausgeliefert, mit dem nun wie bei der Erstberechnung der Transformationselemente weiter verfahren wird.

Die Transformationselemente, d. h. die Koordinaten des Schwerpunktes und die Werte $v \cdot \sin \epsilon$ und $v \cdot \cos \epsilon$, sind nach Ablauf des Vorprogramms „Helmert-Umformung“ in der Z 11 gespeichert. Hierauf kann die Transformation der Neupunkte durchgeführt werden. Nach Einstellen des Programmschalters auf „Ecomat“ und Vorlegen des Lochstreifens im Abtaster I auf das erste Feld der Neupunkte wird das Hauptprogramm „Neupunkte“ eingeschaltet. Die Z 11 transformiert dann die Modell-Koordinaten und schreibt die Punktnummer und die Landes-Koordinaten jedes Punktes auf das Formblatt des Koordinatenverzeichnisses. Enthält eine Punktnummer das Irrungszeichen, so bleiben die Koordinatenwerte aus. Bei Auftreten eines Leerstreifens stoppt das Programm und stellt dem Bediener zur Wahl, entweder das Programm zu beenden oder den Lochstreifen auf das nächste Feld der Neupunkte vorzulegen. Auf diese Weise ist es möglich, die endgültigen Landes-Koordinaten der Punkte des Modellinneren und die vorläufigen Koordinaten der Punkte in den Modellrändern auf getrennte Formblätter zu drucken, so daß die letzteren, mehrfach bestimmten Landes-Koordinaten noch von Hand verglichen, gemittelt und in das Koordinatenverzeichnis eingetragen werden können.

Schließlich kann noch eine durchgreifende Kontrolle der gesamten Rechengänge vorgenommen werden, indem die berechneten Landes-Koordinaten aller Punkte in das Modellsystem zurückgerechnet und manuell mit dem Schreibautomaten-Protokoll des Ecomaten verglichen werden. Zu diesem Zweck kann auf dem vorigen Programm „Neupunkte“ außer der Niederschrift auch ein Nebenlochstreifen mit den Landes-Koordinaten hergestellt werden. Zur Rückrechnung sind zunächst mit einigen ausgewählten Paßpunkten die Transformationselemente unter vertauschten Koordinatensystemen neu zu berechnen, wenn die manuelle Umrechnung der alten Werte $v \cdot \sin \epsilon$ und $v \cdot \cos \epsilon$ in die neuen Werte $\frac{1}{v} \cdot \sin \epsilon$ und $\frac{1}{v} \cdot \cos \epsilon$ gemieden werden soll. Wird der Programmschalter auf „Tastatur“ gestellt, so können auf dem Programm „Helmert-Umformung“ sowohl die Landes- als auch die Modell-Koordinaten beliebig vieler Paßpunkte von Hand eingetastet werden. Mit den so berechneten Transformationselementen kann dann die Rückrechnung auf dem Programm „Neupunkte“ erfolgen, wenn hierzu der Programmschalter auf „Lochstreifen“ gestellt und der Nebenlochstreifen in den Abtaster I eingelegt wird.

Aus vorstehender Schilderung ist ersichtlich, daß alle vorkommenden Varianten der Helmert-Transformation allein durch entsprechende Einstellung des Programmschalters „Ecomat/Tastatur/Lochstreifen“ mit dem Vorprogramm „Helmert-Umformung“, dem Zwischenprogramm „Paßpunkte“ und dem Hauptprogramm „Neupunkte“ ausgeführt werden können. Das Gesamtverfahren einschließlich Methode der Punktnumerierung wurde im Benehmen mit dem Flurbereinigungsamt Bamberg ausgearbeitet.

3. Ausgleichung eines Flugstreifens bei Aerotriangulation

Bei einer Aerotriangulation werden die Modell-Koordinaten der Neupunkte vor der streifenweisen Umformung in das Landessystem durch eine quadratische oder kubische Transformation ausgeglichen. Wie in der Abhandlung [6], auf die sich die folgenden Ausführungen anschließend beziehen, dargelegt wurde, werden die Transformationselemente hierzu mit Hilfe weniger Paßpunkte aus Gleichungssystemen bestimmt.

Die Lösung dieser Gleichungen macht auf einer Z 11 mit festem Komma scheinbar Schwierigkeiten, da die Glieder verschieden hohe Potenzen gleicher Zahlen sind und somit einen Bereich be-

ansprechen, der die Kapazität der Z 11 überschreitet, weshalb entweder Genauigkeitsverluste oder Bereichsüberschreitungen zu befürchten sind. Die Untersuchungen im Deutschen Geodätischen Forschungsinstitut haben aber gezeigt, daß der Streifenausgleich auf der Z 11 zu guten Endergebnissen führen kann, wenn die Koordinaten der Paßpunkte in einem bestimmten Rahmen gehalten werden. Bei den Versuchsrechnungen, die brauchbare Resultate ergaben, hielten die Ausgangswerte folgende Grenzen ein:

Modellmaßstab (1 : m): 1 : 4 000 bis 1 : 25 000
 Streifenlänge ($\equiv x_n$): 4,0 bis 9,0 (Meter im Modell)
 $y_o = 0,5$ (Meter im Modell)
 $z < 5\,000$ (Meter in Natur)
 $|z_L - z| < 250$ (Meter in Natur)

An einem Zahlenbeispiel soll nun gezeigt werden, wie sich die Anfangs-, Zwischen- und Endwerte bei der Lösung eines der Gleichungssysteme in den Ziffernbereich der Z 11 einfügen und wie die Werte von denen bei manueller Rechnung abweichen, obgleich die Endresultate der Ausgleichung streng richtig werden.

Gegebene Koordinaten der Höhenpaßpunkte:

| | <i>manuell:</i> | <i>Z 11 :</i> | | <i>manuell:</i> | <i>Z 11 :</i> |
|----------|-----------------|---------------|----------|-----------------|---------------|
| x_4 | 1,868 58 | 0,1868380 | x_6 | 5,226 95 | 0,5226950 |
| y_4 | 0,730 25 | 0,0730250 | y_6 | 0,729 31 | 0,0729310 |
| z_4 | 731,8 | 0,7318000 | z_6 | 875,3 | 0,8735000 |
| z_{L4} | 730,9 | 0,7309000 | z_{L6} | 862,1 | 0,8621000 |
| x_5 | 3,141 50 | 0,5141500 | x_7 | 5,218 42 | 0,5218420 |
| y_5 | 0,524 05 | 0,0524050 | y_7 | 0,358 78 | 0,0558780 |
| z_5 | 747,7 | 0,7477000 | z_7 | 862,5 | 0,8625000 |
| z_{L5} | 733,9 | 0,7339000 | z_{L7} | 849,9 | 0,8499000 |

Normalgleichungen für a_I' bis a_4' :

| <i>manuell:</i> | | | | |
|-----------------|---------------|--------------|----------------|---------------|
| + 67,911523 | + 322,432896 | + 1,486754 | + 1597,572934 | + 168,281730 |
| | + 1597,572934 | + 8,725900 | + 8100,095058 | + 782,987844 |
| | | + 2,470236 | + 52,112965 | — 2,954172 |
| | | | + 41591,360889 | + 3795,192366 |
| <i>Z 11:</i> | | | | |
| + 0,67911526 | + 0,52243295 | + 0,00148677 | + 0,15975728 | + 0,01682814 |
| | + 0,15975728 | + 0,00087261 | + 0,08100095 | + 0,00782987 |
| | | + 0,00024700 | + 0,00052112 | — 0,00002950 |
| | | | + 0,04159137 | + 0,00379520 |

Reduzierte Normalgleichungen:

| <i>manuell:</i> | | | | |
|-----------------|--------------|------------|---------------|--------------|
| + 67,911523 | + 322,432896 | + 1,486754 | + 1597,572934 | + 168,281730 |
| | + 66,713778 | + 1,667033 | + 515,077554 | — 15,986548 |
| | | + 2,596050 | + 4,266541 | — 6,258892 |
| | | | + 25,171003 | — 28,985380 |

| Z 11: | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| + 0.67911526 | + 0.32245293 | + 0.00148677 | + 0.15975728 | + 0.01682814 |
| | + 0.00667133 | + 0.00016671 | + 0.00515079 | — 0.00015985 |
| | | + 0.00023958 | + 0.00004264 | — 0.00006234 |
| | | | + 0.00002512 | — 0.00002899 |

Näherungs-Koeffizienten a_1' bis a_4' :

| <i>manuell:</i> | Z 11 : |
|--------------------|--------------|
| $a_1' + 11,560258$ | + 0.11595264 |
| $a_2' - 8,664893$ | — 0.86854764 |
| $a_3' + 0,553334$ | + 0.05473318 |
| $a_4' + 1,151539$ | + 1.15421116 |

Definitive Elemente für die z-Koordinate:

| | <i>manuell :</i> | Z 11 : |
|---------|------------------|--------------|
| zu x | + 10,757635 | + 0.10930834 |
| z | + 0,999740 | + 0.99973703 |
| x^2 | — 8,621542 | — 0.86444959 |
| xy | + 0,539071 | + 0.05448439 |
| xz | + 0,000728 | + 0.00527694 |
| x^3 | + 1,146340 | + 1.15065243 |
| $x^2 z$ | — 0,000038 | — 0.00382581 |
| 1 | + 0,176800 | + 0.00017881 |

Rücktransformierte Koordinaten der Paßpunkte:

Höhenpaßpunkte:

| | <i>Soll:</i> | <i>manuell:</i> | Z 11: |
|----------|--------------|-----------------|------------|
| z_{L4} | 730,9 | 730,897 | 0.73090469 |
| z_{L5} | 733,9 | 733,913 | 0.73389655 |
| z_{L6} | 862,1 | 862,104 | 0.86210018 |
| z_{L7} | 849,9 | 849,904 | 0.84990027 |

Lagepaßpunkte:

| | | | |
|------------|---------|-----------|------------|
| x'_{L13} | 1,80983 | 1,8098275 | 0.18098300 |
| y'_{L13} | 0,64875 | 0,6487501 | 0.06487500 |
| x'_{L14} | 3,67793 | 3,6779256 | 0.36779302 |
| y'_{L14} | 0,72742 | 0,7274155 | 0.07274198 |
| x'_{L15} | 5,20826 | 5,2082626 | 0.52082595 |
| y'_{L15} | 0,56358 | 0,5635769 | 0.05635800 |

Das im Modellmaßstab 1 : 16 000 stehende Beispiel wird von der Z 11 infolge der anderen Kommaverhältnisse mit $m = 1 : 160$ gerechnet. Auf welchem Wege die teilweise stärker abweichenden Zwischenwerte zu richtigen Endresultaten führen, wurde nicht untersucht; bei den Elementen dürfte hierfür der veränderte Maßstab ausschlaggebend sein. Für die Berechnung auf der Z 11 ist von Wichtigkeit, daß Streifenlänge, Anzahl der Paßpunkte und Modellmaßstab so passend gewählt sind, daß die Glieder der Normalgleichungen günstige Werte erhalten. Auf keinen Fall darf noch die Stelle 10⁰ der Betragstastatur von der obersten Ziffer einer x-Koordinate belegt werden [3]. Erscheinen diese Einschränkungen nicht tragbar, so ist ein Rechengerät Z 11 mit gleitendem Komma anzuwenden.

Zur Durchführung eines Streifenausgleichs seien die Modell-Koordinaten der Paßpunkte und Neupunkte mit Hilfe des Magnetzählwerks „Ecomat“ in der Reihenfolge $x, y, z, Pkt.-Nr.$ sowohl mit dem Schreibautomaten als auch auf dem Lochstreifen modellweise registriert worden. An den Modellrändern wurden dabei jeweils drei, für den Bildanschluß notwendige identische Punkte doppelt in zwei Folge-Modellen registriert. Diese identischen Punkte müssen am Anfang und Ende der Registrierungen eines Modells stehen. Die Punktnummerierung kann also analog der Methode nach Abb. 1 so erfolgen, daß zuerst die identischen Punkte des einen Randes, dann die Punkte des Modellinneren und zuletzt die identischen Punkte des gegenüberliegenden Randes laufend vorkodiert werden. Liegen Doppelmessungen in getrennten Durchgängen vor, so können diese auf dem Programm „Mittelbildung“ vereint werden.

Die Registrierungen der einzelnen Modelle sind nun einander anzupassen, da im Bildanschluß jeweils nur einer (der mittlere) der identischen Punkte voll zur Deckung gebracht werden konnte, während die beiden anderen (äußeren) Punkte in den Koordinaten kleine Abweichungen zeigen können. Dabei genügt es, die Koordinaten x, y dieser beiden Punkte einfach zu mitteln. Abweichungen in der z -Koordinate müssen jedoch dadurch berücksichtigt werden, daß die z -Werte aller Punkte des folgenden Modells an das vorausgehende angeglichen werden, indem sie eine Verbesserung erhalten, die den y -Differenzen proportional ist.

Sind $A_1 A_2, B_1 B_2$ und $C_1 C_2$ in Abb. 3 die identischen Punkte der Modelle I und II, so erhalten die Koordinaten z'_P aller Punkte P des Modells II eine Verbesserung, die mit einem Faktor f_A oder f_C berechnet wird, je nachdem ob der Punkt auf der Seite von A oder von C liegt.

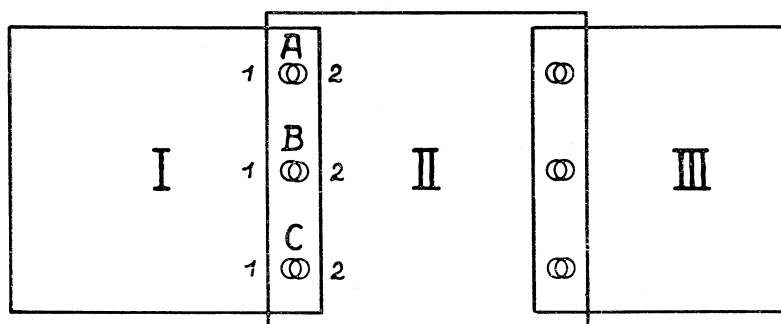


Abb. 3 — Modell-Angleichung

$$f_A = \frac{z_{A2} - z_{A1}}{|y_{A1} - y_{B1}|} ; \quad f_C = \frac{z_{C2} - z_{C1}}{|y_{C1} - y_{B1}|} \quad (1)$$

$$z_P = z'_P - |(y_P - y_{B1})| \cdot f_A, \text{ wenn } \text{sgn}(y_P - y_{B1}) = \text{sgn}(y_{A1} - y_{B1}) \quad (2)$$

$$z_P = z'_P - |(y_P - y_{B1})| \cdot f_C, \text{ wenn } \text{sgn}(y_P - y_{B1}) = \text{sgn}(y_{C1} - y_{B1}).$$

Die Anpassung der Modelle kann auf der Z 11 mit einem besonderen Rechenprogramm „Ankippung“ durchgeführt werden. Hierzu wird der Lochstreifen des ersten Modells in den Abtaster eingelegt. Die Z 11 kopiert nun alle Werte auf einen neuen Lochstreifen, wobei aber die Lochung gegenüber der Abtastung um drei Punkte zurückbleibt. Nach dem letzten Punkt wird Leerstreifen abgetastet, wodurch das Programm stoppt und die drei letzten Punkte gespeichert sind. Der Bediener hat jetzt den Lochstreifen des zweiten Modells einzulegen und eine Anlaß taste zu drücken, worauf die Z 11 zunächst die drei ersten (identischen) Punkte abtastet, deren x - y -Koordinaten mit den gespeicherten Werten mittelt und mit den z -Koordinaten aus dem ersten Modell locht, sowie nach (1) die Verbesserungsfaktoren f_A und f_C berechnet und speichert. Sodann tastet die Z 11 die Registrierungen des Modellinneren ab, kopiert die Werte x, y und $Pkt.-Nr.$ und berechnet und locht jetzt die verbesserten z -Koordinaten nach (2), bis wieder Leerstreifen auftritt,

wonach der geschilderte Vorgang mit dem nächsten Lochstreifen wiederholt wird und so fort. Beim letzten Lochstreifen ist eine andere Anlaßtaste zu drücken, wodurch das Programm nach einer Sonderbehandlung der drei letzten Punkte beendet. Das Ergebnis des Programms ist ein einziger Lochstreifen, auf dem alle verbesserten Registrierungen des Flugstreifens einmal enthalten sind; zugleich hat die Z 11 auch ein Schreibmaschinen-Protokoll mit diesen Werten ausgeliefert.

Vor Beginn der Streifenausgleichung sind noch die gegebenen Landes-Koordinaten der Lagepaßpunkte in das Modellsystem des ersten Modells zu transformieren. Dies kann auf den im vorausgehenden Abschnitt beschriebenen Programmen „Helmert-Umformung“ und „Neupunkte“ in Stellung „Tastatur“ des Programmschalters erfolgen, wobei die Landes-Koordinaten aller Lagepaßpunkte des ersten Modells das gegebene System darstellen, während die Modell-Koordinaten dieser Punkte als gesuchtes System der Umformung obigem Schreibmaschinen-Protokoll manuell entnommen werden.

Die Ausgleichung des Flugstreifens wird nun auf zwei Programmen durchgeführt, wovon das erste „Streifen-Ausgleich“ zur Bestimmung der Elemente der quadratischen oder kubischen Transformation dient, während mit Hilfe des zweiten „Streifen-Transformation“ die massenweise Berechnung aller Punkte des Streifens vorgenommen wird.

Das Oberprogramm der Streifen-Ausgleichung beginnt mit der manuellen Eingabe der Koordinaten x_n, y_n des Nadirpunktes des letzten Bildes, der Ordinate y_o der Mitte des ersten Modells, der mittleren Höhe z_o der Höhenpaßpunkte des ersten Modells und des Modellmaßstabes m . Die Z 11 berechnet hieraus und speichert die Hilfsgröße d und den Faktor $\frac{1}{m^2}$ und schaltet sodann auf ein Unterprogramm zur Eingabe der Paßpunkte um. Der Bediener hat jetzt die Modell-Koordinaten x, y, z und die Landes-Höhe z_L der Höhenpaßpunkte einzutasten; nach jedem Punkt wird mittels der entsprechenden Anlaßtaste „wiederholt“, nach dem letzten Punkt wird „weitergefahren“. Die Z 11 liefert dabei einen Lochstreifen mit den eingegebenen Koordinaten aus, der in den Abtaster I einzulegen ist. Hierauf stellt sie in anderen Unterprogrammen die Normalgleichungen der Höhenpunkte auf, bestimmt die Näherungs-Koeffizienten a'_1 bis a'_4 und schaltet wieder auf das erste Unterprogramm um. Nun hat der Bediener die Modell-Koordinaten x, y, z und die transformierten Landes-Koordinaten x'_L, y'_L, z'_L der Lagepaßpunkte einzutasten. Ist die Landes-Höhe z_L eines Punktes nicht gegeben, so kann statt der Eingabe des Wertes die Anlaßtaste „springen“ gedrückt werden, wodurch dieser aus der Fehlergleichung mit $v = 0$ und den Koeffizienten a'_1 bis a'_4 automatisch ermittelt wird. Der auch hierbei ausgelieferte Lochstreifen ist wieder in den Abtaster I einzulegen. Die Z 11 stellt sodann die Normalgleichungen der Lagepunkte auf, bestimmt die Näherungs-Koeffizienten b'_1 bis b'_3 und berechnet nun aus den gespeicherten Werten die vorläufigen Ausgleichselemente der x -Koordinate. Diese werden auf einem Lochstreifen ausgegeben, der, in Abtaster II eingelegt, zusammen mit dem in I neu eingelegten Lochstreifen der Lagepunkte auf einem weiteren Unterprogramm die Näherungswerte \bar{x} zu berechnen erlaubt, die ebenfalls auf einem Lochstreifen erscheinen. Nun ist dieser zusammen mit dem Lochstreifen der Lagepunkte einzulegen, worauf die Z 11 die Normalgleichungen der Koeffizienten c_1 bis c_3 bildet und auflöst. Dann werden die vorläufigen Elemente für z und y und anschließend die definitiven Elemente für x berechnet und auf einem Lochstreifen ausgegeben, nachdem jener mit den vorläufigen Elementen für x eingelegt worden ist. Hierauf können nach Einlegen der entsprechenden Lochstreifen die Näherungswerte \bar{y} und \bar{z} , sowie die endgültigen Koeffizienten a_1 bis a_4 und b_1 bis b_3 bestimmt und schließlich die definitiven Elemente für z und y aufgestellt werden. Die Reihenfolge der letzten Arbeitsgänge ist mit Rücksicht auf die Speicherverhältnisse der Z 11 gegenüber der Abhandlung [6] etwas umgestellt. Eine ausführliche Bedienungs-Anweisung der Programme ist im fünften Abschnitt zu finden.

Der Bediener hat also, nachdem er die Koordinaten der Lagepaßpunkte eingetastet hat, nur noch Lochstreifen vom Locher abzutrennen und in die Abtastköpfe einzulegen. Hierzu stoppt jedesmal das Programm und weist den Bediener durch ein Transparent auf seine Tätigkeit hin. Insgesamt treten folgende Lochstreifen auf: je einer mit den Höhen- und den Lagepaßpunkten, je einer mit den Näherungswerten \bar{x}, \bar{y} und \bar{z} , einer mit den vorläufigen Elementen für x , einer mit den vorläufigen Elementen für z und y und den definitiven Elementen für x und einer mit den definitiven Elementen für z, y und x . Diese Reihenfolge der Elemente berücksichtigt bereits die

der späteren Ausgleichung von x vorausgehende Bestimmung von Δz und Δy . Das Programm „Streifen-Ausgleich“ setzt sich aus einem Oberprogramm für die einmaligen Rechengänge und vier Unterprogrammen für die wiederholten Abschnitte, nämlich Eintastung der Paßpunkte, Bildung der Normalgleichungen, Auflösung der Normalgleichungen und Bestimmung der Näherungswerte \bar{x} , \bar{y} , \bar{z} zusammen. Die jeweiligen Abwandlungen innerhalb der Unterprogramme werden automatisch durch Sprungbedingungen erzielt. Ferner ist es durch zwei Programmschalter mit den Stellungen „2./3. Ordnung“ und „A. Trig./A. Niv.“ möglich, die Gleichungssysteme abweichend zu behandeln, je nachdem ob eine Aerotriangulation oder ein Aeronivellement ausgeglichen werden soll und ob quadratisch oder kubisch transformiert werden soll. Die jeweils fehlenden Elemente werden dabei durch Nullen ersetzt.

Nach Bestimmung der Ausgleichselemente im ersten Programm können die Modell-Koordinaten sämtlicher Punkte im zweiten Programm „Streifen-Transformation“ durch Transformation ausgeglichen werden. Hierzu ist der im Programm „Ankippung“ gewonnene Lochstreifen in den Abtaster I und der zyklisch geklebte Lochstreifen mit den definitiven Elementen in den Abtaster II einzulegen. Die Z 11 transformiert dann in Schalterstellung „Ecomat“ alle Punkte und liefert die Ergebnisse mit den Punktnummern in der Reihenfolge x , y , z , $Pkt.-Nr.$ sowohl auf einem Lochstreifen als auch auf einem Schreibmaschinen-Protokoll aus, wobei zu Beginn der Rechnung auch die Stellenverschiebung vom System der Registrierung zum System der Ausgleichung

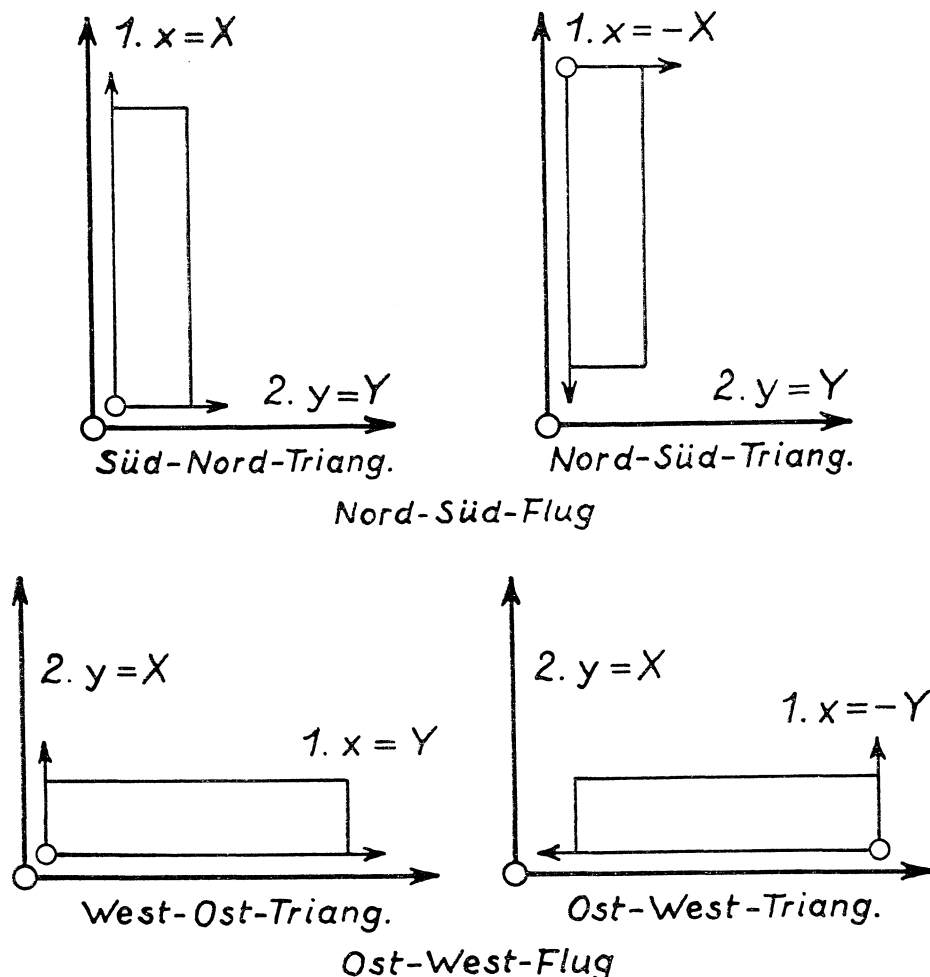


Abb. 4 — Achsenrichtungen bei Streifen-Ausgleichung

durchgeführt wird. In Stellung „Tastatur“ des Programmschalters können die Modell-Koordinaten einzelner Punkte manuell eingegeben werden.

Die ausgeglichenen Modell-Koordinaten aller Punkte sind zum Schluß noch in das Landes-system zu transformieren. Dies kann wieder auf den Programmen „Helmert-Umformung“ und „Neupunkte“ erfolgen. Dabei sind jetzt im Vorprogramm die Modell-Koordinaten der Lagepaßpunkte des ersten Modells als gegebenes System und die Landes-Koordinaten dieser Punkte als gesuchtes System der Umformung zu nehmen. Das Hauptprogramm „Neupunkte“ ermöglicht in Stellung „Ecomat“ des Programmschalters nach Einlegung des Lochstreifens aus dem Programm „Streifen-Transformation“ schließlich die Umformung sämtlicher Punkte in das Landessystem. Wurden die Registrierungen in der Reihenfolge der Punktnummern vorgenommen, so kann das Schreibmaschinen-Protokoll als fertiges Koordinatenverzeichnis dienen. Die Werte erscheinen darauf in der Reihenfolge *Pkt.-Nr.*, z , x , y , bzw. *Pkt.-Nr.*, z , y , x . Eine Vertauschung der Modell-Koordinaten x , y ist bei der Streifen-Ausgleichung nicht erlaubt, weshalb im Gauß-Krüger-System bei Nord-Süd-Flug zuerst der Hochwert und dann die Ordinate und bei Ost-West-Flug zuerst die Ordinate und dann der Hochwert geschrieben wird. Da das gegebene und das gesuchte Koordinatensystem bei der Helmert-Transformation übereinstimmende Achsenrichtungen aufweisen müssen, sind im Vorprogramm bei Nord-Süd-Flug die Landes-Abszissen x_L und bei Ost-West-Flug die Landes-Ordinaten y_L mit negativem Vorzeichen einzugeben, wenn von Nord nach Süd bzw. von Ost nach West trianguliert wurde. Bei den Resultaten sind dann die Vorzeichen manuell wieder entsprechend umzukehren. Der Nullpunkt des Modellsystems ist bei Nord-Süd-Flug stets westlich und bei Ost-West-Flug stets südlich des Bildstreifens zu legen (Abb. 4).

Der Zeitbedarf beträgt für das erste Programm „Streifen-Ausgleich“ bei 4 Höhen- und 3 Lagepaßpunkten etwa 50 Minuten. Die „Streifen-Transformation“ nimmt pro Punkt etwa 80 Sekunden in Anspruch. Der Zeitverbrauch des Vorprogramms „Helmert-Umformung“ hängt neben der Anzahl der Paßpunkte auch von der Abwandlung des Programms ab und beträgt einige Minuten. Die Transformation eines Punktes auf dem Programm „Neupunkte“ dauert bei Lochstreifeneingabe etwa 12 Sekunden.

4. Ausstattung einer Z 11 für Luftbildmessung

Die Rechenanlage Z 11 (Abb. 5) besteht in ihrer standardmäßigen Grundausführung aus dem eigentlichen Rechenggerät mit Rechen-, Speicher- und Programmwerk, einer ferngesteuerten Schreibmaschine und einer Stromversorgung. Das Speicherwerk enthält zunächst 10 Variablenspeicher, die bis auf 26 vermehrt werden können. Für die Programme der niederen Geodäsie, wie z. B. die „Helmert-Transformation“, sind 14 Speicher notwendig. Das umfangreiche Programm „Streifen-Ausgleich“ nimmt jedoch 22 Speicher in Anspruch, weshalb eine Z 11 für Luftbildmessung mit 22 Variablenspeichern auszustatten ist. An Zusatzgeräten ist auf jeden Fall ein Zahlen-Lochstreifenwerk erforderlich, bestehend aus einem Abtaster mit zwei Abtastköpfen und einem Locher. Da neben den Speicherstreifen der Z 11 auch die Lochstreifen des „Ecomat“ abgetastet werden sollen, ist das dezimale Lochstreifenwerk zu wählen.

Die Steuerung der Rechenprogramme erfolgt entweder durch feste Befehlsreihen oder durch Befehls-Lochstreifen. Im ersteren Fall sind die Befehle auf Schrittschaltern verdrahtet im Rechenggerät eingebaut, während die Befehls-Lochstreifen über einen besonderen Bandsteuerungstisch die Steuerung bewirken. Die Vorteile der Schrittschaltersteuerung sind, daß

- das Zusatzgerät der Bandsteuerung entfällt,

- die Bedienung einfacher und eleganter ist, da

- nicht mit Befehls-Lochstreifen zu hantieren ist und

- die Programmschalter und Transparente unmittelbar auf die Programme abgestimmt sein können.

Dagegen sind die Vorteile der Bandsteuerung, daß

- die Programme jederzeit geändert werden können,
- die Gesamtzahl der Programme unbeschränkt ist.

Der Bandsteuerungstisch (Abb. 6) verfügt über vier Abtastköpfe, so daß gleichzeitig ein Oberprogramm mit drei Unterprogrammen eingelegt sein kann. Hat ein Programm, wie z. B. der „Streifen-Ausgleich“ oder auch die „Helmert-Umformung“ mit „Paßpunkte“, mehr als drei Unterprogramme, so sind die Befehls-Lochstreifen während des Rechenganges vom Bediener auszuwechseln. Bei Schrittschaltersteuerung dagegen ist zwar die Anzahl der Unterprogramme ohne Einfluß auf die Bedienung, doch wird ein Zusatzschrank erforderlich, wenn die Gesamtzahl der Schrittschalter 28 übersteigt.

Außer den oben beschriebenen Programmen „Mittelbildung“, „Helmert-Umformung“, „Paßpunkte“, „Neupunkte“, „Ankippung“, „Streifen-Ausgleich“ und „Streifen-Transformation“ sind noch weitere Programme für die Luftbildmessung von Bedeutung, die zwar nicht Lochstreifen der Koordinaten-Registrieranlage verarbeiten, aber für die Auswertung der terrestrischen Vermessungen und die geodätischen Nebenrechnungen, die mit einer Luftbildmessung verbunden sind, eine große Hilfe bedeuten. Diese Programme der niederen Geodäsie können gleichfalls in die Z 11 entweder fest eingebaut oder über die Bandsteuerung eingegeben werden.

Die massenweise Umformung der Modell-Koordinaten in Landes-Koordinaten wird im allgemeinen mittels einer ebenen Drehstreckung, der „Helmert-Transformation“, durchgeführt, da Anzahl und Lage der Paßpunkte hier großen Spielraum lassen. Dabei können aber Klaffungen zwischen den Modellen auftreten, deren Behebung durch einfache Mittelbildung unsicher ist. In solchen Fällen kann bei einzelnen Randpunkten das Programm „Affine Umformung“ angewendet werden, das mit drei identischen Punkten die strenge Lösung der Einpassung bringt.

Bei einer Katasterneuvermessung oder Flurbereinigung sind die berechneten Landes-Koordinaten der Grenzpunkte mittels der gemessenen Spannmaße zu verproben, indem diese mit den gerechneten verglichen werden. Diese Berechnung aus den Koordinaten kann auf dem Programm „Spannmaßberechnung“ erfolgen, wobei die Anfangswerte von dem im Programm „Neupunkte“ gewonnenen Neben-Lochstreifen abgetastet werden können, wenn die Punktnummerierung bzw. die Reihenfolge der Transformation im allgemeinen im Zuge der Spannmaße erfolgt ist.

Könnte ein Grenzpunkt, zu dem im annähernd rechten Winkel zwei Spannmaße führen, im Stereoplanigraph nicht identifiziert und eingestellt werden, so kann dieser Punkt auf dem Programm „Orthogonal bestimmte Punkte und Bogenschnitt“ aus den Spannmaßen als Bogenschnitt gerechnet werden, wenn jene grundsätzlich gemessen wurden.

Die terrestrische Bestimmung der notwendigen Ausgangs-Paßpunkte erfolgt im allgemeinen trigonometrisch durch Verdichtung des bestehenden Dreiecksnetzes. Die Berechnung der Koordinaten dieser Punkte kann auf dem Programm „Vorwärtseinschneiden“ bzw. „Rückwärtseinschneiden“ vorgenommen werden. Dabei wird man aufgrund der bequemen Lösung auf der Z 11 mit 80 sec Rechenzeit dem beobachtungstechnisch günstigeren Rückwärtseinschneiden den Vorzug geben. Können jedoch von zwei Dreieckspunkten aus mehrere Paßpunkte angeschnitten werden, so können die besonderen Eigenschaften des Programms „Vorwärtseinschneiden als Zwischenprogramm“ ausgenutzt werden.

Das speziell für photogrammetrische Zwecke bereitgestellte Programm „Relative Orientierung“ erlaubt die Verringerung der Restparallaxen nach dem numerischen Verfahren sowohl bei unabhängigen Bildpaaren als auch bei Bildanschluß. Im letzteren Fall sind die Orientierungsverbesserungen sowohl bei Senkrechtaufnahmen als auch bei Konvergentaufnahmen rechenbar.

Schließlich sei noch erwähnt, daß auf der Z 11 auch die mit dem Stereokomparator verbundenen Aufgaben der „analytischen Photogrammetrie“, nämlich der räumliche Rückwärtsschnitt und der räumliche Folgebildanschluß, sowie die räumliche Drehstreckung lösbar sind. Der räumliche Rückwärtsschnitt beansprucht etwa 25 Minuten Zeit. Ausführliches hierüber, sowie über verschiedene Transformationen der Photogrammetrie findet sich in [8].

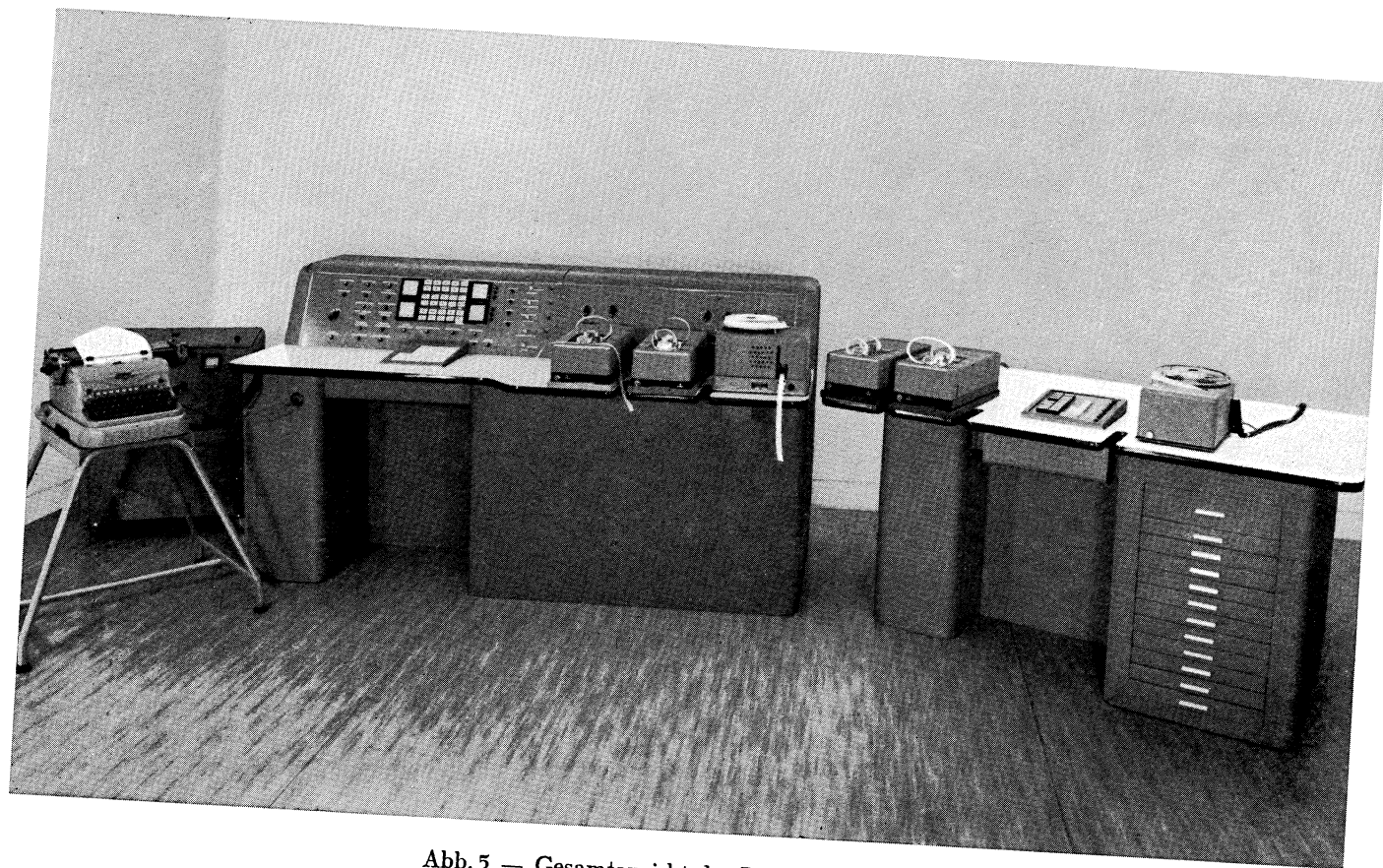


Abb. 5 — Gesamtansicht der Rechenanlage Z 11

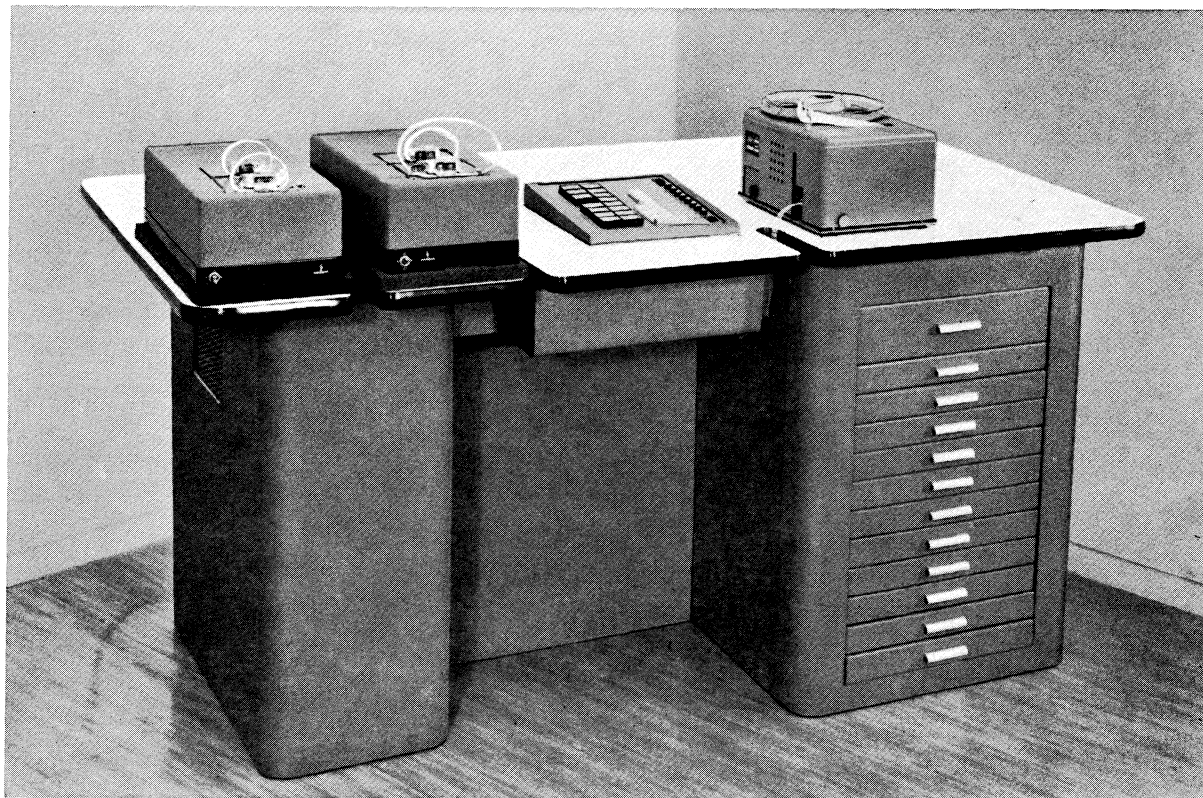


Abb. 6 — Bandsteuerungstisch der Z 11

5. Bedienungs-Anweisung der Ecomat-Programme

Die Bedienungs-Anweisungen zu den geodätischen Programmen sind in [5] zusammengestellt. Als Ergänzung hierzu seien nachfolgend die Anweisungen für die Programme gebracht, die mit Lochstreifen der Registrieranlage „Ecomat“ arbeiten. In den Anweisungen ist wie in [5] die zusätzliche Bedienung der Bandsteuerung nicht inbegriffen; sie entsprechen demnach festen Programmen mit angepaßten Programmschaltern. Die in den Tabulierungen verwendeten Formelzeichen beziehen sich auf die Transparente der Z 11 und sind im Text in Anführungszeichen gesetzt. Die Resultate sind *kursiv*-gedruckt.

Die geschilderten Programme sind Vorschläge des Verfassers; sie können auf Wunsch des Benutzers auch anders gestaltet werden. So könnten z. B. die Programme „Streifen-Transformation“ und „Neupunkte“ gekoppelt werden, wenn von den ausgeglichenen Modell-Koordinaten keine Niederschrift benötigt wird. In diesem Fall wäre voraus das Vorprogramm „Helmert-Umformung“ zu tätigen, während das Programm „Streifen-Transformation“ jeweils das Programm „Neupunkte“ aufruft, das dann sogleich die Landes-Koordinaten ausgibt. Hierdurch würde ein Lochstreifengang eingespart. Ferner könnte der Kontrollvergleich der in das Modellsystem zurückgerechneten Landes-Koordinaten mit den registrierten Modell-Koordinaten (Seite 11) auch automatisch erfolgen, wenn man auf die Erfassung von Fehlern innerhalb des „Ecomat“ verzichtet. Es müßten dann die Ergebnisse der Kontroll-Rückrechnung gelocht und in einem besonderen Programm mit dem Ecomat-Lochstreifen verglichen werden. Dabei würden jeweils die Differenzen zwischen den rückgerechneten und den registrierten Koordinaten mit der Punktnummer herausgeschrieben werden, wenn sie einen zu Beginn einzutastenden, zulässigen Höchstbetrag überschreiten.

Mittelbildung
für Ecomat-Lochstreifen

Rechengang:

1. Beide Ecomat-Lochstreifen der Doppelmessung in Abtaster I und II einlegen.
2. Programm „Mittelbildung“ einschalten (Locher ein).
3. Zulässige Differenz „d“ der Doppelmessung eintasten.
4. Maschine tastet die beiden Registrierungen eines Punktes ab und prüft, ob die Punktnummern das Irrungszeichen enthalten.
5. Enthält eine der beiden Punktnummern das Irrungszeichen, so rückt der betreffende Lochstreifen um eine Registrierung vor.
6. Maschine vergleicht die letzten Punktnummern miteinander und die Differenzen dx , dy der Doppelmessung mit „d“.
7. Maschine stoppt und meldet „weiterfahren“ und „beenden“ mit Transparent „einlegen“, wenn die Punktnummern nicht übereinstimmen.
 - a) Wenn möglich, Lochstreifen auf zusammengehörende Registrierungen legen und Taste „weiterfahren“ drücken; Wiederholung der Vorgänge ab 4.
 - b) Taste „beenden“ drücken, wenn Unstimmigkeit nicht umgehend aufzuklären ist.
8. Maschine locht die gemittelten Koordinaten x , y , z .
9. Maschine schreibt die Punktnummern Nr mit den Differenzen dx , dy und meldet „weiterfahren“ und „wiederholen“, wenn dx oder dy den Wert „d“ überschreitet.
 - a) Taste „weiterfahren“ drücken, wenn die Registrierung nicht verwertet und der Punkt nachgemessen werden soll.
 - b) Taste „wiederholen“ drücken, wenn die Registrierung trotz zu großer Differenz dx oder dy verwertet werden soll.
10. Maschine locht die Punktnummer Nr .
 - a) mit Irrungszeichen, wenn beide Registrierungen bereits das Irrungszeichen enthielten oder wenn Vorgang 9 a) zutrifft;
 - b) ohne Irrungszeichen, wenn Vorgang 10 a) nicht zutrifft.
11. Automatische Wiederholung der Vorgänge 4 bis 10, bis Leerstreifen abgetastet wird.

Bemerkungen:

1. Der ausgelieferte Lochstreifen kann wieder als „Ecomat-Lochstreifen“ eingesetzt werden.
2. Das Programm kann so erweitert werden, daß auch die z-Differenz der Doppelmessung berücksichtigt und dazu eine besondere Höchstdifferenz „dz“ eingetastet wird.

Tabulierung:

| | | | |
|--------|--------|--------|----------|
| d | (dz) | | |
| Nr_j | dx_j | dy_j | (dz_j) |

Helmert-Transformation für Ecomat-Lochstreifen

Rechengang:

α) Erstberechnung der Transformationselemente.

1. Programmschalter auf „Ecomat“ stellen (Locher ein).
2. Ecomat-Lochstreifen in Abtaster I einlegen.
3. Vorprogramm „Helmert-Umformung“ einschalten.
4. Maschine mittelt die Registrierungen eines Paßpunktes, wenn Mehrfachmessungen in unmittelbarer Folge vorliegen, und schreibt dessen Punktnummer Nr .
5. Landes-Koordinaten „ y_B , x_B “ des Paßpunktes zur geschriebenen Nummer eintasten.
6. Automatische Wiederholung der Vorgänge 4 und 5, bis alle Paßpunkte eingegeben sind.
7. Maschine hat einen Hilfslochstreifen ausgeliefert und schreibt die Koordinaten y'_A , x'_A , y_A , x_A des Schwerpunktes im Modell- und Landessystem.
8. Maschine meldet „weiterfahren“ mit Transparent „einlegen“.
9. Hilfslochstreifen in Abtaster II einlegen; Taste „weiterfahren“ drücken.
10. Maschine schreibt $v \cdot \sin \varepsilon$ und $v \cdot \cos \varepsilon$ und meldet „gespeichert“.
11. Hilfslochstreifen nochmals in Abtaster II einlegen.
12. Zwischenprogramm „Paßpunkte“ einschalten.
13. Maschine schreibt die transformierten Landes-Koordinaten \bar{y}_B , \bar{x}_B der Paßpunkte und die Restfehler v_y , v_x , sowie die Kontrollsummen $[v_y]$, $[v_x]$.
14. Nochmals Taste des Vorprogramms drücken.

β) Zweitberechnung der Transformationselemente.

1. Programmschalter auf „Lochstreifen“ umstellen (Locher ein).
2. Hilfslochstreifen abermals in Abtaster II einlegen.
3. Vorprogramm „Helmert-Umformung“ einschalten.
4. Maschine schreibt die Koordinaten y'_B , x'_B , y_B , x_B eines Paßpunktes im Modell- und Landessystem.
5. Maschine meldet „weiterfahren“ und „wiederholen“.
6. a) Taste „weiterfahren“ drücken, wenn der Paßpunkt ausgelassen werden soll.
b) Taste „wiederholen“ drücken, wenn der Paßpunkt verwendet werden soll.
7. Wiederholung der Vorgänge 4 bis 6, bis der letzte auszulassende Paßpunkt behandelt ist.
8. Programmschalter auf „ohne Stop“ stellen.
9. Wiederholung des Vorganges 4, bis alle Paßpunkte durchgelaufen sind.
10. Wiederholung der Vorgänge 7 bis 10 oder 13 der Erstberechnung mit dem neuen Hilfslochstreifen.

γ) Transformation der Neupunkte.

1. Programmschalter auf „Ecomat“ und „ohne Stop“ stellen (Locher ein oder aus).
2. Ecomat-Lochstreifen im Abtaster I auf die Neupunkte vorlegen.
3. Hauptprogramm „Neupunkte“ einschalten.
4. Maschine meldet „weiterfahren“ und „wiederholen“.
5. a) Taste „weiterfahren“ drücken, wenn bereits gemittelte Registrierungen vorliegen.
b) Taste „wiederholen“ drücken, wenn Doppelmessungen in unmittelbarer Folge vorliegen.
6. Maschine mittelt jeweils zwei Registrierungen, wenn Vorgang 5b) zutrifft, und schreibt Punkt-nummer Nr und Landes-Koordinaten z_P, y_P, x_P eines Neupunktes.
7. Automatische Wiederholung des Vorganges 6, bis Leerstreifen abgetastet wird. Maschine liefert dabei einen Nebenlochstreifen aus, wenn Locher eingeschaltet.
8. Maschine meldet „weiterfahren“ und „wiederholen“.
9. a) 1. Ecomat-Lochstreifen im Abtaster I vorlegen, wenn ein weiteres Neupunktfeld zu transfor-mieren ist.
2. Taste „wiederholen“ drücken; Wiederholung der Vorgänge 6 bis 9.
b) Taste „weiterfahren“, sowie nochmals Taste des Vorprogramms drücken, wenn alle Neupunkte transformiert sind.

δ) Kontroll-Rückrechnung der Neupunkte.

1. Programmschalter auf „Tastatur“ umstellen (Locher ein).
2. Vorprogramm „Helmert-Umformung“ einschalten.
3. Landes-Koordinaten „ y_B, x_B “ und Modell-Koordinaten „ y_B, x_B “ eines Paßpunktes eintasten.
4. Maschine meldet „weiterfahren“ und „wiederholen“.
5. a) Taste „wiederholen“ drücken, wenn die Koordinaten eines weiteren Paßpunktes einzugeben sind; Wiederholung der Vorgänge 3 bis 5.
b) Taste „weiterfahren“ drücken, wenn die ausgewählten Paßpunkte eingegeben sind.
6. Wiederholung der Vorgänge 7 bis 10 und 14 der Erstberechnung mit vertauschten Koordinaten-systemen.
7. Programmschalter auf „Lochstreifen“ und „ohne Stop“ stellen (Locher aus).
8. Nebenlochstreifen in Abtaster I einlegen.
9. Hauptprogramm „Neupunkte“ einschalten.
10. Landes-Koordinaten „ y_A, x_A “ und Modell-Koordinaten „ y_A, x_A “ des Schwerpunktes, sowie „sin“ ($= v \cdot \sin \varepsilon$), „cos“ ($= v \cdot \cos \varepsilon$) eintasten.
11. Maschine meldet „weiterfahren“ und „wiederholen“.
12. Taste „wiederholen“ drücken.
13. Maschine schreibt die Landes-Koordinaten y_P, x_P und die rücktransformierten Modell-Koor-dinaten y_P, x_P der Neupunkte.
14. Maschine meldet „weiterfahren“ und „wiederholen“.
15. Taste „weiterfahren“, sowie nochmals Taste des Vorprogramms drücken.

Bemerkungen:

1. Das Programm gebraucht zwei Programmschalter „Ecomat / Tastatur / Lochstreifen“ und „ohne Stop“.
2. Wird $v \cdot \cos \varepsilon$ mit einem Bindestrich in der Kommalücke ausgeliefert, so handelt es sich um den reziproken Wert $\frac{1}{v \cdot \cos \varepsilon}$, der bei Wiedereingabe mit der Steuerposition „LF“ versehen werden muß.

- Die Zweitberechnung der Transformationselemente wird nur durchgeführt, wenn Paßpunkte mit zu großen Restfehlern auszuschneiden sind.
- Kann die Transformation der Neupunkte nicht unmittelbar nach der Berechnung der Transformationselemente erfolgen, so darf das Vorprogramm gelöscht werden. Nach Einschaltung des Hauptprogramms fordert dann die Maschine automatisch die Wiedereingabe der Transformationselemente.
- Im Vorprogramm „Helmert-Umformung“ sind Landes-Koordinaten als gegebenes System unter Weglassung der obersten, gleichbleibenden Stellen einzutasten, um Bereichsüberschreitungen zu vermeiden. In diesem Falle sind die Transformationselemente im Hauptprogramm „Neupunkte“ entsprechend Bemerkung 4. mit ungekürzten Koordinaten nochmals einzugeben (Rechengang 8 3 und 10).
- Enthält die Punktnummer eines Paßpunktes das Irrungszeichen, so wird dieser im Vorprogramm nicht verwendet. Enthält die Punktnummer eines Neupunktes das Irrungszeichen, so wird im Hauptprogramm nur dessen Nummer (ohne Koordinaten) geschrieben.

Tabulierung:

| Rechengang α | | | |
|-------------------------|-------------------------|----------------|----------|
| Nr_i | y_{Bi} | x_{Bi} | |
| y'_A | x'_A | y_A | x_A |
| $v \cdot \sin \epsilon$ | $v \cdot \cos \epsilon$ | | |
| \bar{y}_{Bi} | v_{yi} | \bar{x}_{Bi} | v_{xi} |
| | $[v_y]$ | | $[v_x]$ |
| Rechengang β und γ | | | |
| y'_{Bi} | x'_{Bi} | y_{Bi} | x_{Bi} |
| y'_A | x'_A | y_A | x_A |
| $v \cdot \sin \epsilon$ | $v \cdot \cos \epsilon$ | | |
| Nr_k | z_{Pk} | y_{Pk} | x_{Pk} |
| Rechengang δ | | | |
| y'_{Bi} | x'_{Bi} | y_{Bi} | x_{Bi} |
| y'_A | x'_A | y_A | x_A |
| $v \cdot \sin \epsilon$ | $v \cdot \cos \epsilon$ | | |
| y'_A | x'_A | y_A | x_A |
| \sin | \cos | | |
| y'_{Pk} | x'_{Pk} | y_{Pk} | x_{Pk} |

Ankippung

Rechengang:

1. Ecomat-Lochstreifen des ersten Modells in Abtaster I einlegen.
2. Programm „Ankippung“ einschalten (Locher ein).
3. Maschine tastet die Registrierungen aller Punkte ab, schreibt und locht dieselben wieder, um drei Punkte zurückbleibend, bis Leerstreifen abgetastet wird.
4. Maschine meldet „weiterfahren“ und „wiederholen“.
5. Lochstreifen des nächsten Modells in Abtaster I einlegen; Taste „wiederholen“ drücken.
6. Maschine tastet die Registrierungen der ersten drei Punkte ab, schreibt und locht deren gemittelte Koordinaten x , y und Punktnummern, sowie deren z -Koordinaten aus dem vorigen Modell.
7. Maschine tastet die Registrierungen der übrigen Punkte ab, schreibt und locht deren Koordinaten x , y und Punktnummern, sowie deren verbesserte z -Koordinaten, um drei Punkte zurückbleibend, bis Leerstreifen abgetastet wird.
8. Maschine meldet „weiterfahren“ und „wiederholen“.
9. Wiederholung der Vorgänge 5 bis 8, bis der letzte Lochstreifen durchgelaufen ist.
10. Lochstreifen des letzten Modells vor den Registrierungen der letzten drei Punkte nochmals in Abtaster I einlegen; Taste „weiterfahren“ drücken.
11. Maschine tastet nochmals die Registrierungen der letzten drei Punkte ab, schreibt und locht deren Koordinaten und Punktnummern und beendet automatisch.

Streifen-Ausgleichung

Rechengang:

a) Berechnung der Ausgleichselemente.

1. Programm „Streifen-Ausgleich“ einschalten (Locher ein).
2. Modell-Koordinaten „ x'_B, y'_B “ ($= x_n, y_n$) des Nadirpunktes des letzten Bildes eintasten.
3. Modell-Ordinate „ y'_A “ ($= y_0$) der Mitte des ersten Modells, mittlere Höhe „ z'_A “ ($= z_0$) der Höhenpaßpunkte des ersten Modells und Modellmaßstab „ m “ eintasten.
4. Modell-Koordinaten „ x'_P, y'_P, z'_P “ ($= x, y, z$) und Landes-Höhe „ z_P “ ($= z_L$) eines Höhenpaßpunktes eintasten.
5. Maschine meldet „weiterfahren“ und „wiederholen“.
6. a) Taste „wiederholen“ drücken, wenn ein weiterer Höhenpaßpunkt einzugeben ist; Wiederholung der Vorgänge 4 bis 6.
b) Taste „weiterfahren“ drücken, wenn der letzte Höhenpaßpunkt eingegeben ist.
7. Maschine hat einen Lochstreifen HP mit den Höhenpaßpunkten ausgeliefert und meldet „weiterfahren“ mit Transparent „einlegen“.
8. Lochstreifen HP in Abtaster I einlegen; Taste „weiterfahren“ drücken.
9. Maschine berechnet die Koeffizienten a'_1 bis a'_4 .
10. Modell-Koordinaten „ x'_P, y'_P, z'_P “ ($= x, y, z$) und transformierte Landes-Koordinaten „ x_P, y_P, z_P “ ($= x'_L, y'_L, z'_L$) eines Lagepaßpunktes eintasten; Taste „springen“ drücken (statt Eingabe von „ z_P “), wenn Landes-Höhe nicht gegeben ist.
11. Maschine meldet „weiterfahren“ und „wiederholen“.
12. a) Taste „wiederholen“ drücken, wenn ein weiterer Lagepaßpunkt einzugeben ist; Wiederholung der Vorgänge 10 bis 12.
b) Taste „weiterfahren“ drücken, wenn der letzte Lagepaßpunkt eingegeben ist.
13. Maschine hat einen Lochstreifen LP mit den Lagepaßpunkten ausgeliefert und meldet „weiterfahren“ mit „einlegen“.
14. Lochstreifen LP in Abtaster I einlegen; Taste „weiterfahren“ drücken.
15. Maschine berechnet die Koeffizienten b'_1 bis b'_3 , liefert einen Lochstreifen X' mit den vorläufigen Elementen der x-Koordinate aus und meldet „weiterfahren“ mit „einlegen“.
16. Lochstreifen LP in Abtaster I, Lochstreifen X' in Abtaster II einlegen; Taste „weiterfahren“ drücken.
17. Maschine berechnet den Näherungswert \bar{x} des ersten Paßpunktes und meldet „weiterfahren“ mit „einlegen“.
18. Lochstreifen X' in Abtaster II neu einlegen; Taste „weiterfahren“ drücken.
19. Maschine berechnet \bar{x} des nächsten Paßpunktes und meldet „weiterfahren“ mit „einlegen“.
20. Wiederholung der Vorgänge 18 und 19, bis Lochstreifen LP durchgelaufen ist; Maschine liefert dabei einen Lochstreifen \bar{x} mit den Näherungswerten \bar{x} aus.
21. Lochstreifen LP in Abtaster I, Lochstreifen \bar{x} in Abtaster II einlegen; Taste „weiterfahren“ drücken.
22. Maschine berechnet die Koeffizienten c_1 bis c_3 und meldet „weiterfahren“ mit „einlegen“.

23. Lochstreifen X' in Abtaster II einlegen; Taste „weiterfahren“ drücken.
24. Maschine liefert einen Lochstreifen $Z'Y'X$ mit Ausgleichselementen aus und meldet „weiterfahren“ mit „einlegen“.
25. Lochstreifen LP in Abtaster I, Lochstreifen $Z'Y'X$ vor Y' in Abtaster II einlegen; Taste „weiterfahren“ drücken.
26. Wiederholung der Vorgänge 17 bis 20, jedoch mit den Lochstreifen LP, $Z'Y'X$ und \bar{y} .
27. Lochstreifen HP in Abtaster I, Lochstreifen $Z'Y'X$ vor Z' in Abtaster II einlegen; Taste „weiterfahren“ drücken.
28. Wiederholung der Vorgänge 17 bis 20, jedoch mit den Lochstreifen HP, $Z'Y'X$ und \bar{z} .
29. Lochstreifen HP in Abtaster I, Lochstreifen \bar{z} in Abtaster II einlegen; Taste „weiterfahren“ drücken.
30. Maschine berechnet die Koeffizienten a_1 bis a_4 und meldet „weiterfahren“ mit „einlegen“.
31. Lochstreifen LP in Abtaster I, Lochstreifen \bar{y} in Abtaster II einlegen; Taste „weiterfahren“ drücken.
32. Maschine berechnet die Koeffizienten b_1 bis b_3 und meldet „weiterfahren“ mit „einlegen“.
33. Lochstreifen $Z'Y'X$ in Abtaster II einlegen; Taste „weiterfahren“ drücken.
34. Maschine liefert einen Lochstreifen ZYX mit den definitiven Ausgleichselementen aus und beendet.

β Ausgleichung der Neupunkte.

1. Programmschalter auf „Ecomat“ und „ohne Stop“ stellen (Locher ein).
2. Ecomat-Lochstreifen in Abtaster I, zyklischen Lochstreifen ZYX in Abtaster II einlegen.
3. Programm „Streifen-Transformation“ einschalten.
4. Maschine schreibt und locht die ausgeglichenen Modell-Koordinaten x_p, y_p, z_p und die Punktnummer Nr eines Neupunktes.
5. Automatische Wiederholung des Vorganges 4, bis Leerstreifen abgetastet wird.
6. Maschine meldet „wiederholen“ und „beenden“.
7. Taste „beenden“ drücken.

Bemerkungen:

1. Das Programm gebraucht die Programmschalter „2./3. Ordnung“, „A. Trig./A. Niv.“, „Ecomat/Tastatur“ und „/ ohne Stop“.
2. Die Programmschalter „2./3. Ordnung“ und „A. Trig./A. Niv.“ sind zur Berechnung der Ausgleichselemente entsprechend einzustellen.
3. Der Programmschalter „Ecomat/Tastatur“ ermöglicht in Stellung „Tastatur“ zur Ausgleichung der Neupunkte die manuelle Eingabe der Modell-Koordinaten.
4. Die Metereinheit in Natur der Höhen z ist auf der Stelle 10^{-3} , die Metereinheit im Modell der Koordinaten x, y auf der Stelle 10^{-1} der Betragstastatur einzugeben. Dementsprechend ist der Modellmaßstab m umzurechnen, der auf der Stelle 10^{-3} der Tastatur einzugeben ist.

5. Sind die Koordinaten x_n, y_n des Nadirpunktes des letzten Bildes nicht bekannt und kann die Hilfsgröße d vernachlässigt werden, so ist $y_n = y_0$ und für x_n ein beliebiger Betrag ($\neq 0$) einzutasten.
6. Der Beginn der Y'-Werte auf dem Lochstreifen Z'Y'X ist durch eine Kennzahl (Fernschreibzeichen $W_r \cdot Z_l \cdot$ zwölfmal Z_i) markiert.
7. Die Reihenfolge im Rechengang des Programms „Streifen-Ausgleich“ mußte mit Rücksicht auf die Speicherverhältnisse der Z 11 gegenüber [6] teilweise geändert werden.

Tabulierung:

| | | | |
|-----------|-----------|-----------|--------|
| x'_B | y'_B | | |
| | y'_A | z'_A | m |
| x'_{Pi} | y'_{Pi} | z'_{Pi} | |
| | | z_{Pi} | |
| x'_{Pj} | y'_{Pj} | z'_{Pj} | |
| x_{Pj} | y_{Pj} | z_{Pj} | |
| x_{Pk} | y_{Pk} | z_{Pk} | Nr_k |

Literatur

- [1] Seifers, H.: Rechenautomaten für den geodätischen Behördendienst; VR Nr. 1 / 1956.
- [2] Schwidersky, K.: Neue Hilfsmittel der numerischen Photogrammetrie; Veröff. der DGK, Reihe A, Heft Nr. 28 / III.
- [3] Seifers, H.: Die Anwendung des Rechengerätes Z 11 in der Geodäsie; Veröff. der DGK, Reihe A, Heft Nr. 28 / III.
- [4] Seifers, H.: Programmgesteuertes Rechnen im Vermessungswesen; AVN Nr. 9 / 1958.
- [5] Seifers, H.: Bedienungs-Anweisung für die festen Programme des Rechengerätes Z 11; Veröff. der DGK, Reihe B, Heft Nr. 55.
- [6] Brucklacher, W.: Zur räumlichen Aerotriangulation von Bildstreifen; Veröff. der DGK, Reihe A, Heft Nr. 34 / I.
- [7] Seifers, H.: Rechengerät Z 11 für geodätische Aufgaben; Veröff. der DGK, Reihe C, Heft Nr. 34.
- [8] Böck, R.: Die Formulierung ausgewählter geodätischer Probleme für die Verarbeitung in der programmgesteuerten Rechenanlage Z 11; Veröff. der DGK, Reihe C (in Vorbereitung).

Anschrift des Verfassers:

Dr.-Ing. Heinrich Seifers, Oberkulturbaurat
München 9
Geiselgasteigstr. 71