



## Beispiele zur Leistungsfähigkeit der Blocktriangulation mit unabhängigen Modellen

Heinrich Ebner <sup>1</sup>, Hermann Klein <sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Techn. Universität Stuttgart/Instit. f. Photogrammetrie, D 7 Stuttgart 1, Keplerstr. 11*

<sup>2</sup> *Techn. Universität Stuttgart/Instit. f. Photogrammetrie, D 7 Stuttgart 1, Keplerstr. 11*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie **61** (1), S. 2–10

1973

Bib<sub>T</sub>E<sub>X</sub>:

```
@ARTICLE{Ebner_VGI_197302,  
  Title = {Beispiele zur Leistungsf{"a}higkeit der Blocktriangulation mit unabh  
    {"a}ngigen Modellen},  
  Author = {Ebner, Heinrich and Klein, Hermann},  
  Journal = {{\u0}sterreichische Zeitschrift f{"u}r Vermessungswesen und  
    Photogrammetrie},  
  Pages = {2--10},  
  Number = {1},  
  Year = {1973},  
  Volume = {61}  
}
```



## Beispiele zur Leistungsfähigkeit der Blocktriangulation mit unabhängigen Modellen<sup>1)</sup>

Von *H. Ebner* und *H. Klein*, Stuttgart

### *Zusammenfassung*

Die Methode der Blocktriangulation mit unabhängigen Modellen und das in Stuttgart entwickelte universelle Programmpaket PAT-M für die Blockausgleichung werden kurz erläutert. Danach wird eine repräsentative Auswahl praktischer Projekte diskutiert, die mit der Lage-Version PAT-M 4 auf dem Control-Data Computer CDC 6600 bearbeitet wurden. Kurze Rechenzeiten und damit verbundene geringe Rechenkosten charakterisieren diese Blockausgleichungen. Anhand des Katasterprojektes Föhr und des kleinmaßstäblichen Testblockes Bonnet-Plume aus Canada, zu denen geodätische Kontrollmessungen vorlagen, wird sodann die Genauigkeitsleistung der Methode und des Programmpaketes bei verschiedenen Paßpunktanordnungen demonstriert.

### *Summary*

A short presentation of the method of block triangulation with independent models and of the universal program package PAT-M developed in Stuttgart is given. Then a representative sample of practical projects is discussed which were evaluated on Control Data Computer CDC 6600 by means of the position version PAT-M 4. These block adjustments are characterized by short computer times and thus by low costs. At last the precision of the method and the program package for various pass point configurations is demonstrated by means of the cadastre project Föhr and the small-scale test block Bonnet-Plume of Canada, for which geodetic control data were available.

### 1. Die Methode

Die Aerotriangulation mit unabhängigen Modellen hat einerseits wenig spezifizierte gerätetechnische Voraussetzungen und weist andererseits sehr günstige Genauigkeitseigenschaften, insbesondere in Blöcken auf. Beides trägt zu ihrer Beliebtheit bei. Die Messung beschränkt sich auf die relative Orientierung und die Koordinatenregistrierung der Modellpunkte und der Projektionszentren, welche die höhenmäßige Modellverknüpfung in Streifenrichtung besorgen. Als Meßgeräte sind daher die Präzisionsauswertegeräte ohne Basiswechsel, wie sie von Wild, Zeiss, Kern, Santoni und anderen Firmen erzeugt werden, voll geeignet (siehe z. B. [1]). Die starke Verbreitung dieser Geräte ermöglicht eine breite Anwendung der Methode der unabhängigen Modelle in der Praxis.

In der anschließenden Ausgleichung werden alle Einzelmodelle eines Streifens oder Blocks mit Hilfe räumlicher Ähnlichkeitstransformationen simultan absolut orientiert, wobei alle Modellverknüpfungen über gemeinsame Punkte und alle vorhandenen Paßpunkte Berücksichtigung finden. Für die Ausgleichung unabhängiger Modelle wurden günstige Genauigkeitseigenschaften nachgewiesen. Dies gilt besonders für die Lagegenauigkeit in Blöcken. Die theoretischen Studien [2] haben ergeben, daß Lagepaßpunkte am Blockrand grundsätzlich ausreichen. In [3] wurde für einen Paßpunktabstand von 2 Basislängen gezeigt, daß die Streuungen der ausgeglichenen Blockkoordinaten nur mit dem Logarithmus der Modellanzahl ansteigen und selbst bei 10 000 Bildpaaren noch alle unterhalb des 1,5fachen Betrages des mittleren Gewichtseinheitsfehlers bleiben, der die Koordinatengenauigkeit im Einzelmodell repräsentiert.

<sup>1)</sup> Auf das im vorliegenden Heft auf Seite 27 abgedruckte Referat zum gleichen Themenkreis sei besonders verwiesen.

## 2. Ein Programm-Paket für die Blockausgleichung mit unabhängigen Modellen

Am Institut für Photogrammetrie in Stuttgart werden seit 3 1/2 Jahren Rechenprogramme für die Aerotriangulation entwickelt. Im Herbst 1969 wurde das Programm *STRIM* für die Streifen-Triangulation mit Modellen fertiggestellt [4]. Es hat sich in der Zwischenzeit bei der Ausgleichung von mehreren 1000 Modellen bestens bewährt. An der Control-Data-Rechenanlage CDC 6600 in Stuttgart liegt die durchschnittliche Rechenzeit bei 0,4 sec pro Modell. Die bei der Programmierung von *STRIM* gesammelten Erfahrungen wurden bei der Entwicklung des allgemeineren Systems *PAT-M* verwertet [5]. Der Name steht für ein universell anwendbares Programm-Paket für die Aero-Triangulation mit unabhängigen Modellen. Die wichtigsten Kennzeichen des Systems sind:

- Keine Beschränkung der Modellanzahl
- Keine Beschränkung der Punktzahl
- Programmierung in maschinenunabhängigem Fortran
- Unterschiedliche Gewichte für die  $x$ -,  $y$ - und  $z$ -Koordinaten der Modellpunkte, der Projektionszentren und der terrestrischen Paßpunkte, die auf diese Weise auch als Beobachtungen behandelt werden können.
- Variabler funktioneller Ansatz. Als erste Variante wurde die Version *PAT-M 43* mit Lage-Höhe-Iteration programmiert (4 bzw. 3 Transformationsparameter pro Modell). Sie hat gegenüber der ebenfalls vorgesehenen Version *M 7*, bei der alle 7 Modellparameter gleichzeitig berechnet werden, den Vorteil eines erheblich geringeren numerischen Aufwandes [6].
- Das Programmsystem ist sowohl für den Fall der großen Modellanzahl als auch für eine große Punktzahl optimiert. Für die Optimierung wesentlich ist ein Daten-Organisationsprogramm, das selbständig alle Modellverknüpfungen findet und das Subprogramm *HYCHOL* (= Hypercholesky) für die Lösung beliebig großer, positiv definiter symmetrischer Gleichungssysteme [7].

## 3. Praktische Blockausgleichungs-Projekte

Die räumliche Blockausgleichung in der Version *PAT-M 43* besteht aus mehreren Iterationen aufeinanderfolgender Lage- und Höhenblockausgleichungen. Die Variante *M 4* der Lageausgleichung ist seit Frühjahr 1971 operationell verfügbar, die Höhenausgleichung *M 3* wurde eben fertiggestellt.

Eine reine Lageblockausgleichung hat selbständige Bedeutung für alle jene Anwendungen, bei denen nur die  $x$ ,  $y$ -Koordinaten von Interesse sind. Die einzelnen Modelle müssen hier allerdings vorweg hinreichend genau horizontalisiert werden. Das kann entweder im Gerät oder rechnerisch erfolgen. Auf diese Weise wird die Blockausgleichung an unserem Institut in den letzten beiden Jahren erfolgreich praktisch angewendet. Dazu wurde zunächst ein einfacheres Programm von Ballein und Bettin eingesetzt und seit etwa einem Jahr auch die Variante *M 4* des Programmpaketes *PAT-M*. Über die ersten Erfahrungen bei großmaßstäblichen Anwendungen in der Flurbereinigung ist schon beim Lehrkurs „Numerische Photogrammetrie“ im Jänner 1971 in Esslingen berichtet worden [8]. Inzwischen sind bisher etwa 20 praktische Blockausgleichungen in unterschiedlichen Bildmaßstäben bearbeitet worden.

In der vorliegenden Arbeit sollen einige charakteristische Projekte aus jüngster Zeit diskutiert werden, die alle mit *PAT-M 4* ausgeglichen wurden. Ihre wichtigsten Kennzahlen und Ergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Projekt	Bildmaßstab	Blockgröße	Punktart	Brennweite	Mod.-anzahl	Modellpunkte	Paßpunkte	Streuungen der Modellpunkte	Streuungen der terrestrischen Paßpunkte	Rechenzeit CDC 6600	
Föhr – BRD	1:7500	85 km <sup>2</sup>	signalisiert	15 cm	170	2981	32	$\sigma_x = 57 \text{ mm}$ $\sigma_y = 57 \text{ mm}$	$\sigma_x = 0$ $\sigma_y = 0$	147 sec.	
Bonnet-Plume, Canada	Variante 1	1:52000	12000 km <sup>2</sup>	künstlich	15 cm	316	2836	20	$\sigma_x = 1.059 \text{ m}$ $\sigma_y = 1.059 \text{ m}$	$\sigma_x = 1.059 \text{ m}$ $\sigma_y = 1.059 \text{ m}$	173 sec.
	Variante 2	1:52000	12000 km <sup>2</sup>	künstlich	15 cm	316	2836	14	$\sigma_x = 1.048 \text{ m}$ $\sigma_y = 1.048 \text{ m}$	$\sigma_x = 1.048 \text{ m}$ $\sigma_y = 1.048 \text{ m}$	173 sec.
	Variante 3	1:52000	12000 km <sup>2</sup>	künstlich	15 cm	316	2836	12	$\sigma_x = 1.040 \text{ m}$ $\sigma_y = 1.040 \text{ m}$	$\sigma_x = 1.040 \text{ m}$ $\sigma_y = 1.040 \text{ m}$	171 sec.
	Variante 4	1:52000	12000 km <sup>2</sup>	künstlich	15 cm	316	2836	4	$\sigma_x = 1.034 \text{ m}$ $\sigma_y = 1.034 \text{ m}$	$\sigma_x = 1.034 \text{ m}$ $\sigma_y = 1.034 \text{ m}$	172 sec.
Neckarsulm-BRD	1:3600	1 km <sup>2</sup>	signalisiert	15 cm	9	915	61	$\sigma_x = 39 \text{ mm}$ $\sigma_y = 39 \text{ mm}$	$\sigma_x = 0$ $\sigma_y = 0$	25 sec.	
Korat – Thailand	1:14500	320 km <sup>2</sup>	künstlich	15 cm	129	1096	36	$\sigma_x = 0.317 \text{ m}$ $\sigma_y = 0.317 \text{ m}$	$\sigma_x = 0.793 \text{ m}$ $\sigma_y = 0.793 \text{ m}$	61 sec.	
Atherton – Australien	1:84000	1030'·10	künstlich	9 cm	243	2461	58	$\sigma_x = 0.972 \text{ m}$ $\sigma_y = 1.944 \text{ m}$	$\sigma_x = 19.44 \text{ m}$ $\sigma_y = 19.44 \text{ m}$	138 sec.	
Heumaden – BRD	1:10000	20 km <sup>2</sup>	signalisiert	15 cm	33	4373	150	$\sigma_x = 86 \text{ mm}$ $\sigma_y = 86 \text{ mm}$	$\sigma_x = 0$ $\sigma_y = 0$	62 sec.	

Tabelle 1

Die Beispiele überdecken den gesamten Bereich der Bildmaßstäbe wie sie in der Photogrammetrie heute angewendet werden und reichen von Katasterprojekten, wie z. B. Föhr bis zur Aerotriangulation für die anschließende kleinmaßstäbliche Kartierung, wie die Projekte aus Canada und Australien.

Die Streuungen  $\sigma_x$  und  $\sigma_y$  der Modellpunkte und der verwendeten terrestrischen Paßpunkte ergeben sich aus ihren in die Ausgleichung eingeführten Gewichten  $p_x$  und  $p_y$  und dem berechneten mittleren Gewichtseinheitsfehler  $\sigma_o$  zu

$$\sigma_x = \sigma_o / \sqrt{p_x} \text{ und } \sigma_y = \sigma_o / \sqrt{p_y}.$$

Bei Katasterprojekten besteht für gewöhnlich die Auflage, die terrestrischen Paßpunktkoordinaten anzuhalten, sie sind daher in der Blockausgleichung mit sehr hohem Gewicht zu behandeln (z. B.  $10^{20}$ ). Dementsprechend ergeben sich ihre Streuungen praktisch zu Null. Da die terrestrischen Paßpunkte aber zumeist nicht wirklich fehlerfrei sind, ist es genauigkeitstheoretisch im Prinzip richtiger, sie als Beobachtungen mit einem ihrer Genauigkeit entsprechenden Gewicht zu behandeln. Dies gilt insbesondere für kleinmaßstäbliche Projekte, bei denen die photogrammetrischen Modellkoordinaten, ausgedrückt in Meter im Gelände, häufig genauer sind als die terrestrischen Paßpunktkoordinaten. Der Block Atherton ist ein extremes Beispiel in dieser Richtung. Hier hat es sich übrigens auch als angebracht erwiesen, die  $x$ - und  $y$ -Koordinaten der Modellpunkte mit unterschiedlichen Gewichten zu behandeln.

Ein Blick auf die vier Varianten des canadischen Blocks Bonnet-Plume zeigt, daß die Streuungen der Modellpunkte praktisch unabhängig von der Paßpunkt-konfiguration sind und bestätigt damit eine theoretische Erwartung.

Die Rechenzeiten auf der Control-Data-Anlage CDC 6600 in Stuttgart liegen bei den einzelnen Projekten zwischen 25 und 173 Sekunden für eine einmalige Blockausgleichung. Anhand der vier Versionen des Blocks Bonnet-Plume wird zunächst gezeigt, daß die Paßpunktanzahl praktisch keinen Einfluß auf die Rechenzeit hat; ein Vorteil, der auf die Lösung der großen Normalgleichungssysteme mit einem direkten Verfahren zurückzuführen ist. Iterative Methoden würden bei wenigen Paßpunkten eine erheblich größere Rechenzeit ergeben. Die Blockausgleichungen Neckarsulm und Heumaden repräsentieren eine Gruppe von Projekten aus dem Bereich von Kataster und Flurbereinigung, bei denen in jedem Einzelmodell eine relativ große Anzahl von Punkten gemessen wird. Die Blockausgleichung dient hier nicht der Paßpunktbestimmung für die anschließende Kartierung, sondern der unmittelbaren Koordinatenbestimmung aller Grenzpunkte. Für die Rechenzeit ist in der Hauptsache die Anzahl der Modellpunkte maßgebend. Sie ergibt sich etwa zu 0,02 Sekunden pro Punkt.

Bei den restlichen Projekten ist die Punktanzahl in den einzelnen Modellen vergleichsweise klein und die Rechenzeit wird vorwiegend durch die Modellanzahl bestimmt. Nach Tabelle 1 ergeben sich für einen Lauf etwa 0,5 bis 0,9 Sekunden pro Modell.

Die groben Datenfehler, die in solchen praktischen Projekten immer auftreten, machen es notwendig, die Blockausgleichung mehreremale zu wiederholen. Als Durchschnittswerte können wir etwa 4 bis 6 Läufe angeben. Dabei ist aber zu be-

rücksichtigen, daß nicht jedesmal alle Teile des Programms durchlaufen werden müssen. So kann bei den ersten Läufen die eigentliche Blockausgleichung häufig entfallen, da bestimmte grobe Fehler schon bei der Datensortierung gefunden werden. Die totalen Rechenzeiten der einzelnen Projekte liegen daher nur ca. 3- bis 4mal so hoch, wie in Tabelle 1 angegeben und sind damit noch immer sehr niedrig. Stellt man die Rechenkosten an den CDC 6600-Anlagen der Control-Data Computerzentren mit rund 10 öS pro Sekunde in Rechnung, so ergibt sich auch eine sehr gute Wirtschaftlichkeit.

Damit ist anhand praktischer Projekte gezeigt, daß sich die strenge Blockausgleichung mit unabhängigen Modellen trotz ihres großen numerischen Aufwandes (beispielsweise 5200 Fehlergleichungen und 3300 Unbekannte beim Block Bonnet-Plume) auf schnellen Computern erfolgreich anwenden läßt, wenn ein entsprechend leistungsfähiges Rechenprogramm zur Verfügung steht.

#### 4. Genauigkeitsleistung und Paßpunkt-Einsparung

Von den in Tabelle 1 aufgeführten Projekten sind zwei durch geodätische Messungen kontrolliert und können daher zur Überprüfung der Absolutgenauigkeit nach der Blockausgleichung verwendet werden.

##### 4.1 Projekt Föhr: Katasterschlußvermessung nach Flurbereinigung

Am Landesvermessungsamt Schleswig-Holstein wurde die Photogrammetrie bisher in Form von Einzelmodelleinpassungen auf jeweils 5 Paßpunkte angewendet. Am Beispiel der Nordsee-Insel Föhr sollte untersucht werden, ob diese paßpunkt-aufwendige Methode durch die Blockausgleichung ersetzt werden kann. Dabei ist wesentlich, daß eine Einsparung von Paßpunkten durch Anwendung der Blockausgleichung nicht nur preisliche, sondern vor allem auch zeitliche Vorteile mit sich bringt.

Die Messung erfolgte in Kiel an einem Wild A 7. Alle Modelle wurden genähert im Auswertegerät horizontalisiert.

Abbildung 1 stellt die Insel Föhr mit der Modellanordnung und den verwendeten Paßpunkten dar. Auf Grund der theoretischen Ergebnisse [2] hat man sich auf Randpaßpunkte im Abstand von etwa 2 Basislängen beschränkt. Dazu konnten 18 vorhandene TP verwendet werden, 14 weitere Punkte mußten im Gelände neu bestimmt werden. Im Inneren des Blocks wurden 14 weitere TP signalisiert (siehe Abb. 1). Sie wurden in der Blockausgleichung nicht verwendet und sollten zur Abschätzung der Absolutgenauigkeit der ausgeglichenen Koordinaten dienen.

Die Streuungen der Modellkoordinaten sind im vorliegenden Fall ( $p_x = p_y = 1$ ) gleich dem mittleren Gewichtseinheitsfehler. Es ergab sich  $\sigma_o = \sigma_x = \sigma_y = 57$  mm, was 8  $\mu$ m im Bildmaßstab entspricht. Diese Genauigkeit ist für sich betrachtet ausgezeichnet und stimmt mit den Durchschnittswerten des LVA Kiel gut überein.

Der mittlere Koordinatenfehler an den 14 Kontrollpunkten erreichte einen Betrag von 80 mm oder 11  $\mu$ m, wobei der maximale Fehler 173 mm bzw. 23  $\mu$ m im Bildmaßstab betrug. Die mittlere Absolutgenauigkeit ist zweifellos sehr gut, sowohl was den Betrag als auch was das Verhältnis zu  $\sigma_o$  betrifft, das sich mit 1,4:1 ergibt. Berücksichtigt man, daß ja auch die Kontrollpunkte mit einer gewissen

INSEL FÖHR

LAGE - BLOCKAUSGLEICHUNG

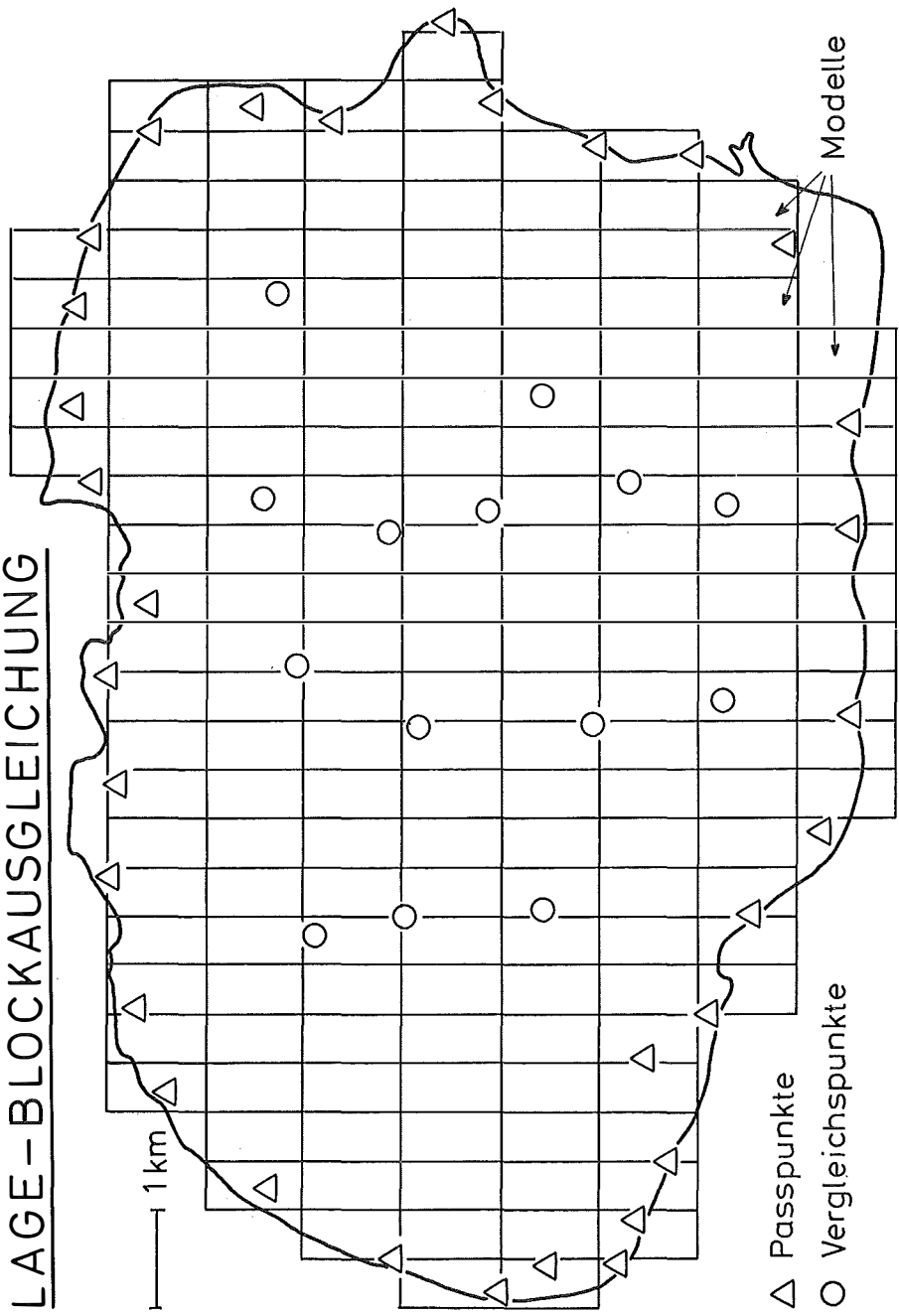


Abb. 1

Ungenauigkeit behaftet sind, so bestätigt dieses praktische Projekt die Ergebnisse der theoretischen Untersuchungen, welche die mittlere Streuung der ausgeglichenen Koordinaten bei dichter Paßpunktbesetzung des Blockrandes nur etwas größer als  $\sigma_o$  erwarten lassen, wirklich überzeugend.

Die positiven Ergebnisse dieses Projekts sicherten die Einführung der Blockausgleichung im Bereich des LVA Schleswig-Holstein. Im Falle Föhr ergab der Block gegenüber dem bisherigen photogrammetrischen Verfahren eine Einsparung von etwa 350 Lagepaßpunkten und darüber hinaus einen erheblichen zeitlichen und organisatorischen Gewinn.

#### 4.2 *Der kleinmaßstäbliche Block Bonnet-Plume*

Der Topographical Survey beim Ministry of Energy, Mines and Resources (EMR) in Ottawa hatte den Testblock Bonnet-Plume im arktischen Nordwesten Canadas angelegt, um im Zusammenhang mit der Herstellung der Karte 1:50000 die Eigenschaften der Blockausgleichung bei einer geringen Anzahl von Lagepaßpunkten zu prüfen. In Abb. 2 (siehe Beilage) sind die Flugstreifen mit den einzelnen Aufnahmestandpunkten und die 66 geodätisch bestimmten Paßpunkte dargestellt.

Die Messung des Blocks Bonnet-Plume erfolgte am EMR an den Analoggeräten Wild A 7 bzw. Wild A 10 und am Komparator Wild StK mit anschließender rechnerischer Bildung der Modelle.

Die lagemäßige Blockausgleichung wurde an das Institut für Photogrammetrie in Stuttgart vergeben. Hier sind die 316 Modelle zunächst mit dem Streifenausgleichungsprogramm STRIM horizontalisiert und dann mit dem Lageblock-Programm PAT-M4 bei Zugrundelegung der folgenden 4 Paßpunktverteilungen ausgeglichen worden:

- Variante 1: 20 Paßpunkte entlang des Blockrandes
- Variante 2: 14 Paßpunkte an den beiden langen Blockrändern
- Variante 3: 12 Paßpunkte an den beiden schmalen Blockrändern
- Variante 4: 4 Paßpunkte an den Blockecken.

Die nicht in der Blockausgleichung verwendeten Lagepaßpunkte dienten zur Abschätzung der mit der Blockausgleichung erreichbaren Absolutgenauigkeit.

Im vorliegenden Fall wurden die Modellkoordinaten (in Meter im Gelände) und die terrestrischen Paßpunktkoordinaten als gleich genaue Beobachtungen mit dem Gewicht 1 behandelt. Demgemäß sind ihre Streuungen  $\sigma_x$  und  $\sigma_y$  mit dem mittleren Gewichtseinheitsfehler  $\sigma_o$  der Ausgleichung identisch. Bei den einzelnen Varianten streute der Betrag von  $\sigma_o$  nur zwischen 1,059 m und 1,034 m, was etwa 20  $\mu\text{m}$  im Bildmaßstab entspricht. Berücksichtigt man den Hochgebirgscharakter des Geländes im Block Bonnet-Plume (bis zu 1000 m Höhenunterschied im Einzelmodell) und den Umstand, daß alle Verknüpfungspunkte künstlich markiert und übertragen wurden, so können die 20  $\mu\text{m}$  als adäquate Genauigkeit bezeichnet werden.

Aus den Koordinatenfehlern an den 46 bis 62 Kontrollpunkten, die bei den Varianten 1 bis 4 zur Verfügung standen, wurden die folgenden quadratischen Mittelwerte  $\epsilon_{\text{mittel}}$  und Maximalwerte  $\epsilon_{\text{max}}$  erhalten.



Absolute Koordinatenfehler

Variante	$\epsilon_{mittel}$	$\epsilon_{max}$
1	3,54 m	11,41 m
2	4,56 m	15,24 m
3	5,37 m	17,67 m
4	5,31 m	17,68 m

Tabelle 2

Vergleicht man die mittleren absoluten Koordinatenfehler  $\epsilon_{mittel}$  mit den entsprechenden Werten für  $\sigma_o$ , so ergeben sich bei den 4 Varianten etwa die 3- bis 5fachen Beträge des mittleren Gewichtseinheitsfehlers. Stellt man nun die begrenzte Genauigkeit der Kontrollpunkte in Rechnung, so stimmen diese Ergebnisse im wesentlichen mit den theoretischen Erwartungen in [2] überein und sind zweifellos als gut zu bezeichnen.

Für den Topographical Survey in Ottawa war damit der Nachweis erbracht, daß die strenge Blockausgleichung mit unabhängigen Modellen auch mit wenigen und im Prinzip sogar mit nur 4 Lagepaßpunkten eine Genauigkeit ergibt, die für die Herstellung der Karte 1:50000 von Canada ausreicht. Aufgrund der demonstrierten Leistungsfähigkeit hat das Department of Energy, Mines and Resources (EMR) das Programmpaket PAT-M übernommen. Die Bedeutung des Systems für das EMR besteht dabei vor allem in der vollen Ausschöpfung des Genauigkeitspotentials und in der Universalität, die eine Anwendung von Blöcken mit 1000 und mehr Modellen mit nur wenigen Lagepaßpunkten möglich machen. Bei dieser Konzeption reicht das derzeit vorhandene Festpunktnetz für die Herstellung des vollständigen Kartenwerkes 1:50000 aus. Der damit verbundene wirtschaftliche Gewinn kann am Preis von 1000 can Dollar bis 5000 can Dollar für einen Paßpunkt im nahezu unzugänglichen Norden des Landes gemessen werden.

### 5. Schluß und Ausblick

Die Ergebnisse dieser Projekte aus der Praxis zeigen, daß die Blockausgleichung mit unabhängigen Modellen sowohl für Kataster und Flurbereinigung als auch für die kleinen Maßstäbe eine voll zufriedenstellende Lagengenauigkeit ergibt. Die kurzen Rechenzeiten demonstrieren ferner, daß die Blockausgleichung vergleichsweise niedrige Kosten verursacht, wenn große Computer und vor allem hochoptimierte Rechenprogramme verwendet werden. Der wesentliche wirtschaftliche Vorteil einer strengen Blockausgleichung gegenüber Einzelmodelleinpassungen oder Näherungsausgleichungen besteht vor allem in der Einsparung von Lagepaßpunkten.

Bei den nächsten praktischen Projekten wird die reine Lageblockausgleichung durch die räumliche Ausgleichung in der Version PAT-M43 abgelöst werden. Sie wird für kleinmaßstäbliche Blöcke zweifellos die Standard-Methode sein, da sie auch für die Höhen eine allgemeine Ausgleichung garantiert. Bei der Bearbeitung von Katasterblöcken ist die räumliche Variante M43 insofern mit Vorteil anwendbar, als in diesem Fall auch die Horizontierung der relativ orientierten unabhängigen Modelle voll vom Rechenprogramm übernommen wird.

### *Literatur*

- [1] *Ebner, H. und Wagner, W.*: Aerotriangulation mit unabhängigen Modellen am Planimat von Zeiss — eine Geräteuntersuchung. BuL 38, Seite 249—257, 1970.
- [2] *Ackermann, F.*: Gesetzmäßigkeiten der absoluten Lagegenauigkeit von Blöcken. BuL 36, Seite 3—15, 1968.
- [3] *Ebner, H.*: Die theoretische Lagegenauigkeit ausgeglichener Blöcke mit bis zu 10000 unabhängigen Modellen. BuL 38, Seite 225—231, 1970.
- [4] *Ackermann, F., Ebner, H., und Klein, H.*: Ein Rechen-Programm für die Streifentriangulation mit unabhängigen Modellen. BuL 38, Seite 206—217, 1970.
- [5] *Ackermann, F., Ebner, H. und Klein, H.*: Ein Programm-Paket für die Aerotriangulation mit unabhängigen Modellen. BuL 38, Seite 218—224, 1970.
- [6] *Ebner, H.*: Methoden der räumlichen Blockausgleichung und ihr numerischer Aufwand. ÖZfV 5/1971, Seite 129—139.
- [7] *Klein, H.*: Das Rechenprogramm HYCHOL für die Lösung großer, symmetrischer, positiv definiter linearer Gleichungssysteme. Conférence internationale sur les méthodes de l'informatique en Géodésie. Comptes-Rendus, Fascicule III-A, Seite 115—125.
- [8] *Kraus, K.*: Blockausgleichungen im Kataster und in der Flurbereinigung — Diskussion praktischer Beispiele. Nachrichten aus dem Karten- und Vermessungswesen, Reihe I, Heft 53, Seite 73—97.

## **Orientierungsgrundlagen für das Radarrundbild mit genäherten Horizontalentfernungen**

Von *Franz Geier*, Graz

### *Zusammenfassung*

Im vorliegenden Beitrag wird versucht, eine allgemein gültige Formulierung für das Problem der Orientierung zu finden, sodann wird auf die Orientierung von Radarbildern eingegangen und schließlich eine Lösung für die analytische Orientierung des Radarrundbildes mit genäherten Horizontalentfernungen angeboten.

### *Summary*

In the following an attempt is made to find a generally valid formulation for the problem of orientation. Then the orientation of Radar pictures is discussed, and finally a solution for the analytical orientation of Radar panorama pictures with approximate horizontal distances is given.

In der Photogrammetrie versteht man unter Orientierung die Ermittlung jener Parameter, welche Form und Raumlage des die Aufnahme vermittelnden Strahlengebildes festlegen, wobei die Form des Strahlengebildes durch die innere und die Raumlage durch die äußere Orientierung bestimmt wird. Die Geometrie des Radar ist grundsätzlich verschieden von der auf perspektiven Zusammenhängen beruhenden Geometrie der photographischen Aufnahme. Es gilt daher, das Problem der Orientierung neu zu formulieren, wobei von einer allgemeinen Problemstellung auszugehen ist, welche alle denkbaren Aufnahmesysteme einschließt.

Eine Abbildung ist definiert, wenn der Zusammenhang zwischen Ur- und Abbild feststeht. Dieser Zusammenhang kann durch rein mathematische Zuordnung gegeben sein oder durch ein physikalischen Grundgesetzen unterworfenen System vermittelt werden. In letzterem Falle ist die Zuordnung bestimmt durch die Eigenart des Systems, seine Lage im Raum und die physikalischen Zusammenhänge