



Untersuchung über die Einsatzmöglichkeit der Blockausgleichung in Österreich

Gottfried Otepka ¹

¹ *Institut für Photogrammetrie an der Technischen Hochschule Wien, A-1040 Wien, Gußhausstraße 27-29*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie **63** (1, 2), S. 11–23, 73–84

1975

Bib_TE_X:

```
@ARTICLE{Otepka_VGI_197503,  
Title = {Untersuchung {\u}ber die Einsatzm{\o}glichkeit der  
Blockausgleichung in {\O}sterreich},  
Author = {Otepka, Gottfried},  
Journal = {{\O}sterreichische Zeitschrift f{\u}r Vermessungswesen und  
Photogrammetrie},  
Pages = {11--23, 73--84},  
Number = {1, 2},  
Year = {1975},  
Volume = {63}  
}
```



[3] *W. Ehrismann*, Ein allgemeines Verfahren zur digitalen Berechnung der Schwerewirkung von Modellkörpern. *Z. f. Geophys.* 39, 1973.

[4] *B. Bauer*, Aufsuchen oberflächennaher Hohlräume mit dem Gravimeter. Diss. (Univ. Innsbruck 1973), *ÖZfVuPh*, Sonderheft 30 (1975).

[5] *W. Embacher*, Zur Dichtebestimmung aus Schweremessungen. *ÖZfV*, 57 (1969), Nr. 2, S. 37–43.

[6] *K. Ledersteger*, Astronomische und Physikalische Geodäsie (Erdmessung). Bd. V von *Jordan/Eggert/Kneißl*, Handbuch der Vermessungskunde. 10. Ausgabe, Stuttgart 1969.

Untersuchung über die Einsatzmöglichkeit der Blockausgleichung in Österreich*)

Von *Gottfried Otepka*, Wien

Zusammenfassung

An Hand von zwei Vermessungsaufgaben wird der Einsatz der photogrammetrischen Blockausgleichung in Österreich behandelt. Dazu werden Operate des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen mit dieser Methode bearbeitet und die dabei auftretenden technischen Fragen eingehend diskutiert. Nach der Genauigkeitsprüfung der Ergebnisse, wird die Blockausgleichung hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit mit den konkurrenzierenden Verfahren verglichen.

Abstract

Two problems of the Austrian Federal Bureau of Standards and Surveying are used to investigate the applicability of photogrammetric block adjustment. Using this method two typical routine projects of this organisation have been adjusted. After discussing all technical details the results of the different adjustments are reported.

The second part of the paper shows the expenditure of competitive methods for the two investigated problems.

1. Einleitung

Die vorliegende Arbeit soll den möglichen Einsatz photogrammetrischer Blockausgleichungen in Österreich prüfen. Bei der Behandlung dieses Fragenkomplexes sollen ganz bewußt nur die derzeit in Österreich vorliegenden Aufgaben und Verhältnisse berücksichtigt werden. Eine weitere Einschränkung des Untersuchungsumfanges wird dadurch erreicht, daß aus der Vielzahl der vermessungstechnischen Arbeiten zwei Beispiele herausgegriffen wurden, die laut Vermessungsgesetz (Bundesgesetzblatt Nr. 306, 1968, VermG) Aufgaben der staatlichen Vermessungsstellen darstellen und durch das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BAfEuV) zu besorgen sind (§ 2, Z. 2, VermG). Bei den Aufgaben handelt es sich einmal um die Paßpunkterstellung für eine Kartierung des Bundesgebietes in der topographischen Karte (ÖK) 1:50000 (§ 1, Z. 6, VermG) und zum zweiten um die Netzverdichtung der

*) Auszug aus der im Juni 1974 an der Technischen Hochschule in Wien approbierten Dissertation gleichen Titels.

Triangulierung fünfter Ordnung (§1, Z.1, lit. a, VermG). Diese Punkte werden in Österreich als Einschaltpunkte (EP) bezeichnet und stellen neben den Triangulierungspunkten die Grundlage aller numerischen Katastervermessungen dar. Für die Paßpunkte der ÖK sind Raumkoordinaten (Lage und Höhe) und für die EP ausschließlich Lagekoordinaten zu bestimmen.

Für beide Aufgaben wird seit Jahren die numerische Photogrammetrie mit Erfolg in Österreich eingesetzt (z. B. *Neumaier* 1967, *Zupfer* 1968). Die Möglichkeiten und Vorteile der rechnerischen Blockausgleichung für diese Arbeiten wurden bisher jedoch nicht genutzt.

Nachdem aber seit einigen Jahren sehr allgemein konzipierte und für den Routinebetrieb geeignete Blockprogramme verfügbar sind und durch die Installation einer Großrechenanlage, die dem staatlichen Vermessungsdienst zur Verfügung steht (*Zimmermann* 1973), alle Voraussetzungen für den Einsatz der Blockausgleichung gegeben sind, sollte man den Einsatz dieser Methoden in Erwägung ziehen.

Im ersten Teil der vorliegenden Arbeit wird über praktisch durchgeführte Blockausgleichungen berichtet. Dabei wird angegeben, unter welchen Bedingungen diese Methode die gestellten Genauigkeitsanforderungen erfüllt. Der zweite Abschnitt bringt eine Kostenanalyse der in Österreich zur Diskussion stehenden und zur Zeit praktizierten Verfahren. Im letzten Teil werden Argumente und Empfehlungen für einen möglichst raschen Einsatz der Blockausgleichung aufgezeigt.

2. Praktische Blockausgleichungsbeispiele

Als Testblöcke wurden zwei Operate des BAfEuV, Abteilung L 1 (Photogrammetrie) herangezogen. Dabei handelt es sich um die Projekte

1. Österreichische Karte 1:50000, Kartenblatt Nr. 161,
Knittelfeld (ÖK 161) (2.1)
2. EP-Revision Altenfelden (2.2)

2.1 Block ÖK 161, Knittelfeld

Für die Wahl dieses Kartenblattes war entscheidend, daß die Streifentriangulationsausgleichung des BAfEuV knapp vor Beginn der vorliegenden Arbeit abgeschlossen worden war und daß die in diesem Teil des Bundesgebietes vorkommenden Geländehöhen als typisch für den gebirgigen Charakter Österreichs angesehen werden können.

2.1.1 Technische Daten des Fluges und die Geländebeziehungen

Flugdatum:	Juli und September 1969	Anzahl der Streifen: 6
Kamera:	Wild RC 8, Ag, $f = 15$ cm	Anzahl der Modelle: 55
Bildmaßstab:	1:20100 — 31800	Gesamtfläche: 527 km ²
Längsüberdeckung:	geplant 60 %	Geländehöhen: 600—2200 m
Querüberdeckung:	8—37 %	

2.1.2 Vorbereitung und Messung der Modelle

Die Vorbereitung und Messung der Modelle erfolgte durch die Abteilung L 1 des BAfEuV. Alle vorkommenden Paß- und Modellanschlußpunkte sind nicht

signalisierte Naturpunkte. Die Auswahl der Anschlußpunkte erfolgte vor der Auswertung. Die für die Methode des BAFuV notwendigen Streifenkoordinaten wurden durch Folgebildanschlüsse an einem Autographen Wild A7 bestimmt, wobei das erste Modell jedes Streifens außerdem näherungsweise absolut orientiert wurde. Der dafür verwendete Maschinenmaßstab betrug 1:12500.

2.1.3 Blockberechnung

Für eine räumliche Blockberechnung ist die Kenntnis der Koordinaten der Projektionszentren notwendig. Bei analogen Streifentriangulationen werden diese Koordinaten üblicherweise nicht bestimmt, da sie für den nachfolgenden Streifenausgleich unnötig sind. Bei dem vorliegenden Operat mußten daher fiktive Werte eingeführt werden (*Ackermann 1970*). Dazu wurde für die Höhenkoordinate die absolute Flughöhe jedes Streifens in den Maschinenmaßstab umgerechnet. Als Lagekoordinaten wurden die X- und Y-Werte der Maßstabsübertragungspunkte in der Nähe der Nadirpunkte eingeführt. Neben den so bestimmten „Projektionszentren“ wurden in der Regel noch drei Geländepunkte für den Modellanschluß in Streifenrichtung verwendet.

Die Blockberechnung konnte mit dem Programm-Paket PAT-M 43 (*Ackermann, Ebner, Klein 1970*) an der Großrechenanlage CDC 6600 des Regionalen Rechenzentrums in Stuttgart-Vaihingen durchgeführt werden. Bei diesem allgemein bekannten Programmsystem wird von unabhängigen Modellen ausgegangen. Daher mußten die durch das BAFuV gebildeten Streifen (2.1.2) wieder in Einzelmodelle zerlegt werden. Die Aufgabe der Blockausgleichung besteht in der absoluten Orientierung aller Einzelmodelle, wobei sämtliche Punktidentitäten bei den Paß- und Modellverknüpfungspunkten berücksichtigt werden müssen. Die Lösung dieses Orientierungsvorganges läuft auf eine verkettete, räumliche Ähnlichkeitstransformation hinaus. Im Programm PAT-M 43 wird wegen des damit verbundenen geringeren numerischen Aufwandes die räumliche Blockausgleichung in eine Lage- und eine Höhenblockausgleichung zerlegt.

Durch die Wahl entsprechender Gewichtsmatrizen für die photogrammetrischen Modellpunkte, die Projektionszentren und die Paßpunkte können verschiedene fehlertheoretische und sonstige Gegebenheiten berücksichtigt werden.

Bei beiden Testoperaten (2.1 und 2.2) wurde für die Modellkoordinaten das Gewicht 1 und für die Projektionszentren — entsprechend den Erfahrungen des Institutes für Photogrammetrie der Universität Stuttgart — die Gewichtsmatrix

$$\begin{pmatrix} 0,25 & & \\ & 0,25 & \\ & & 1 \end{pmatrix} \text{ eingeführt.}$$

Dagegen erhielten die terrestrisch bestimmten Paßpunkte beim ÖK-Operat z. T. andere Gewichte als beim EP-Operat. So betrug beim ÖK-Operat und bei zwei Kontrollversionen des EP-Blockes die Gewichtsmatrix 1, bei den für die Praxis einzusetzenden EP-Blöcken hingegen ∞ . Die Auswirkung dieser beiden Gewichts-

setzungen veranschaulicht die Abb. 1. Im Fall 1a) werden die Koordinaten der terrestrischen Paßpunkte als fehlerhafte und somit verbesserungsbedürftige Beobachtungen behandelt. Wie an Hand der Ergebnisse noch gezeigt wird, ist eine solche Annahme beim ÖK-Operat berechtigt. Im Falle 1b) werden die Koordinaten der terrestrisch bestimmten Paßpunkte (= Triangulierungs- und Einschaltpunkte) als fehlerfreie Größen betrachtet. Diese Annahme trifft zwar auch beim EP-Operat nicht zu, aus pragmatischen Gesichtspunkten ist aber eine Änderung der zu einem meist früheren Zeitpunkt bestimmten Paßpunktkoordinaten nicht erwünscht.

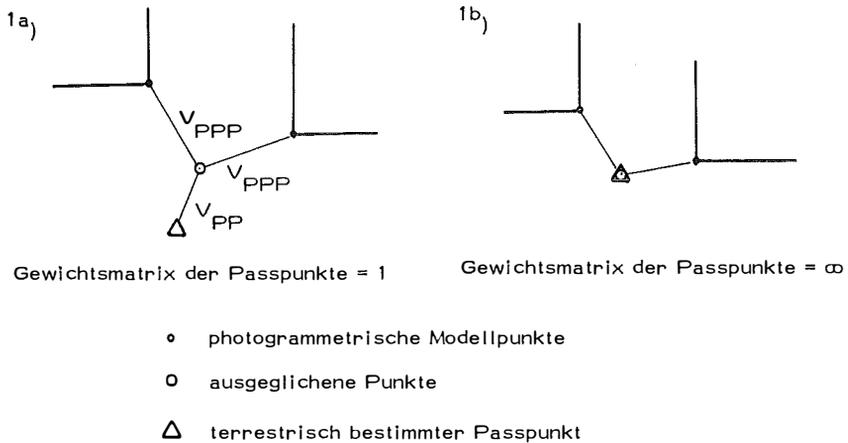


Abb. 1

Die Erdkrümmung und Refraktion wurde mit der im Programm vorgesehenen Möglichkeit korrigiert.

2.1.3.1 Version a)

Bei dieser Version wurden alle durch das BAfEuV terrestrisch bestimmten Lage- und Höhenpunkte verwendet. Bei den Paßpunkten handelt es sich normalerweise um Zwillingspunkte. Unter den 76 bzw. 83 Punkten sind auch Paßpunkte benachbarter ÖK-Operate enthalten, die bei der Ausgleichung selbstverständlich mitverwendet wurden.

2.1.3.2 Version b)

Für diese Version wurden nur vier Vollpaßpunkte in den Blockecken und zusätzlich je fünf Höhenpaßpunkte an den beiden Längsseiten und je ein Höhenpaßpunkt an den beiden Schmalseiten des Blockes eingeführt. Hinsichtlich der Anzahl der Paßpunkte stellt diese Version ein Extrembeispiel dar. Durch die geringe Zahl an Höhenpaßpunkten ist die Querneigung der einzelnen Streifen nicht gut stabilisiert, was sich auch in dem schlechteren Verhältnis \bar{m}/σ_{\circ} quer zur Streifenrichtung ausdrückt (siehe Tabelle 2).

2.1.4 Ergebnisse der ÖK-Blockberechnungen

Die numerischen Ergebnisse der beiden Ausgleichungen sind in der Tabelle 2 zusammengestellt. Wegen der entsprechenden graphischen Darstellung der Ergebnisse wird auf *Otepka* (1973) verwiesen. Durch die Wahl der Einheitsmatrix als Gewichtsmatrix für die photogrammetrischen Modellpunkte (2.1.3) repräsentiert der Gewichtseinheitsfehler σ_0 direkt den mittleren Fehler einer Modellkoordinate in X oder Y bzw. in Z . Das σ_0 des Lageblocks entspricht einem Wert von $11\mu\text{m}$ im Bild und das σ_0 des Höhenblocks einer Höhenmeßgenauigkeit von $0,07\text{‰}$ der Flughöhe über Grund. Mit diesen beiden Werten liegen die Ergebnisse des vorliegenden Blockes ganz deutlich günstiger als die entsprechenden Werte, die in *Jordan / Eggert / Kneissl* (1972) angegeben werden (S. 1934 und 1935) und in den Jahren 1967 bzw. 1968 Gültigkeit hatten.

Als interne Fehlergrenze des BAfEuV für mehrfach bestimmte Koordinaten des vorliegenden Aerotriangulationsoperates gibt *Stickler* (1971) ein $m_{max}X = m_{max}Y \leq \pm 4,0\text{ m}$ und ein $m_{max}Z \leq \pm 3,0\text{ m}$ als Schranke für die Endmittlbildung an. An Hand der \bar{m}_{max} der Tabelle 2 sieht man, daß in der Version b) (2.1.3.2) — obwohl nur vier Lagepaßpunkte dabei verwendet wurden — für die X , Y -Koordinaten die oben angegebene Schranke eingehalten wurden. Bei der Höhe liegt der Wert $\bar{m}_{max}Z$ knapp über der Schranke $m_{max}Z$. Mit wenigen zusätzlichen Höhenpaßpunkten — vor allem zur Stabilisierung der Querneigung der Streifen — könnte das Ergebnis entsprechend verbessert werden. Umgekehrt ist festzuhalten, daß für eine graphische Kartierung, deren Endmaßstab 1 : 50000 beträgt, auch dieser Maximalwert unschädlich ist.

2.2 Block EP-Revision Altenfelden

Für die Auswahl dieses Operates waren folgende Gründe ausschlaggebend:

1. das Operat sollte eine vorgegebene Größe von ca. 100 Modellen haben,
2. die Bearbeitung durch das BAfEuV sollte erst vor kurzer Zeit abgeschlossen worden sein,
3. das Operat sollte eine geschlossene Gestalt haben,
4. das Gelände sollte typisch für österreichische EP-Operate sein, d. h. hügeliges Gelände,
5. der Bildmaßstab sollte möglichst groß sein und es sollte sich um keine Doppelbefliegung handeln.

Der Block Altenfelden, der ein Routineoperat des BAfEuV darstellt, erfüllt die obigen Anforderungen recht gut.

Die derzeit von der L1 des BAfEuV praktizierte Methode zur photogrammetrischen Bestimmung der EP besteht in einer „semi-analytischen“ Einzelmodellauswertung von zwei verschiedenen Bildmaßstäben (1:8000 und 1:15000). Detaillierte Angaben über die dabei eingesetzten Aufnahme-, Auswerte- und Berechnungsverfahren sind in der Arbeit von *Kovarik* (1971) angegeben. Die mit dieser Methode

bestimmten Punkte entsprechen den durch die Vermessungsverordnung (Bundesgesetzblatt Nr. 53, 1969) gestellten Genauigkeitsanforderungen. Die zulässige Punktlagedifferenz für Punkte, die aus Koordinaten berechnet wurden, beträgt laut § 4 Z. 5 $\Delta f_a = 20$ cm. Daraus ergibt sich eine mittlere, absolute Punktlagedifferenz von ± 7 cm. Das bis 1969 praktizierte Verfahren zur photogrammetrischen Bestimmung der EP erlaubte hingegen einen Wert von ± 10 cm, was zu einer Punktlagedifferenz $\Delta f_a \leq 30$ cm geführt hat. Für diese Genauigkeit reichte eine Doppelbefliegung im Bildmaßstab 1:11000 (Stickler, Waldhäusl 1965). Um die vor 1969 erstellten photogrammetrischen EP-Operaten den neuen, oben angegebenen Genauigkeitsforderungen anzupassen, werden sie nochmals im Bildmaßstab von etwa 1:8000 befliegen und ausgewertet. Im vorliegenden Fall wurden die ursprünglichen EP-Operate Neufelden und Rohrbach durch das EP- Revisionsoperat Altenfelden den neuen Gegebenheiten angepaßt.

Um einen geschlossenen, durch Paßpunkte abgesicherten Block zu erhalten, mußte das Flugoperat EP- Rev. Altenfelden/1970 durch 7 Modelle des ursprünglichen Operates EP Neufelden/1968 und 1 Modell aus EP Rohrbach/1966 ergänzt werden.

2.2.1 Technische Daten der Flüge, Geländebeziehungen, Flug und Paßpunktübersicht

Tabelle 1 Technische Daten der Flüge und Geländebeziehungen

Flug	EP Rev. Altenfelden/1970	EP Neufelden/1968	EP Rohrbach/1966
Flugdatum	Juli 1970	Aug./Sept. 1968	Mai/Juni 1966
Kamera	Wild RC 8, UAg, $f = 15$ cm	Wild RC 8, UAg, $f = 15$ cm	Wild RC 8, Ag, $f = 15$ cm
Bildmaßstab	1:6200–8400	1:8800–10900	1:10500
Längsüberdeckung	Punktflug	Punktflug	Punktflug
Querüberdeckung	20–48 %	—	—
Anzahl der Streifen	17	—	—
Anzahl der (verwendeten) Modelle	97	7	1

Gesamtfläche des Blockes ca. 9×8 km², Geländehöhen 335–620 m.

Die Gesamtzahl der im Block EP- Rev. Altenfelden verwendeten Modelle betrug damit 105. An terrestrisch bestimmten Punkten (EP und Triangulierungspunkte [TP]) standen 127 Lage- und 126 Höhenpaßpunkte zur Verfügung. Die völlig unregelmäßige Fluganordnung und die Tatsache, daß verschiedenes Bildmaterial für den vorliegenden Block verwendet wurden, bereitet bei einer Blockberechnung keinerlei Schwierigkeiten (s. Abb. 2).

Gesamtübersicht des Blockes EP Rev. Altenfelden

bestehend aus :

- 1) 97 Modellen des Fluges EP Rev. Altenfelden / 70
(Streifen 1 - 17)



- 2) 7 Modellen des Fluges EP Neufelden / 68
(Streifen 2,4,8,9,10,11)



- 3) 1 Modell des Fluges EP Rohrbach / 66
(Streifen 12)



Streifennummer,
Streifenachse mit den
Bildhauptpunkten und
der Modellbegrenzung

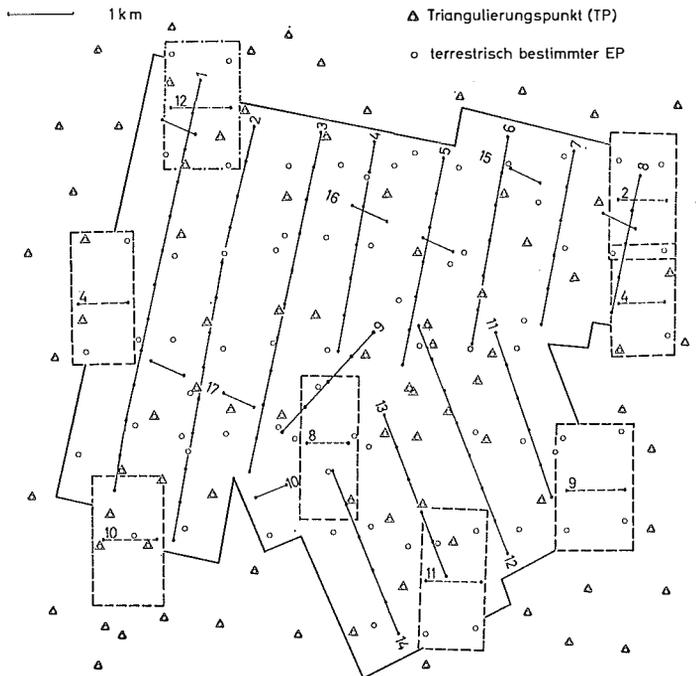


Abb. 2

2.2.2 Messung der Bildkoordinaten

Die Modelle wurden am Stereokomparator Wild STK-1 des Institutes für Photogrammetrie der Technischen Hochschule in Wien gemessen. Alle Punkte (einschließlich der Rahmenmarken) wurden durch Einmalmessungen bestimmt. EP und TP waren vor dem Flug signalisiert worden.

Durch das Setzen von insgesamt fünf künstlichen Punkten wurde erreicht, daß für jeden Modellanschluß in Streifenrichtung neben den Projektionszentren mindestens fünf signalisierte EP oder markierte Punkte als Verknüpfungspunkte zur Verfügung standen. Dadurch ergab sich eine starke Modellverknüpfung, die sich bekanntlich sehr positiv auf die Genauigkeit eines Blockes auswirkt (Ebner 1971b).

2.2.3 Modellberechnung

Die Modellberechnung wurde mit dem modifizierten IBM-Programm zur „Auswertung von Meßdaten des Stereokomparators PSK von Zeiss“ (Gekeler 1969, Otepka, Semturs und Waldhäusl 1970) auf der IBM 1130 der Hochschule für Welt-handel in Wien durchgeführt. Den aus der Kalibrierung bekannten radialsymmetrischen Werten der Objektivverzeichnung wurden die „Korrekturwerte“ zufolge der Erdkrümmung und der Refraktion überlagert. Die Konstanten für die Refraktion stammen aus der Arbeit von Schut (1969).

2.2.4 Blockberechnung

Die Blockberechnung erfolgte ebenso wie die ÖK-Versionen (2.1.3) als räumliche Blockausgleichung mit dem Programm PAT-M 43 an der CDC 6600 in Stuttgart. Entsprechend der üblichen Iterationsfolge wurde jeweils zwischen Lage- und Höhenausgleich abgewechselt. Für die endgültige Berechnung — nach drei Programm-läufen — waren drei Lage-Höhen-Iterationen notwendig. Die benötigten Rechenzeiten stimmten sehr gut mit den Angaben von Ebner (1971a) überein.

Die fünf Blockberechnungsversionen ergaben sich durch die Verwendung von verschiedenen Paßpunktanordnungen und Paßpunktgewichten. Hinsichtlich der Gewichte der Modellkoordinaten und Projektionszentren siehe Abschnitt 2.1.3.

2.2.4.1 Version a1 (mit allen durch das BAfEuV bereits bestimmten Punkten)

Dazu wurden alle durch das BAfEuV terrestrisch und photogrammetrisch bestimmten Punkte als Lage- und Höhenpaßpunkte eingeführt. Dadurch hatten bereits alle Punkte, mit Ausnahme der Projektionszentren und der fünf künstlichen Hilfspunkte, bekannte Koordinaten. Als Gewichtsmatrix für die Paßpunkte wurde die Einheitsmatrix angenommen. Damit wurden die terrestrischen und photogrammetrischen Ergebnisse des BAfEuV und die durch die Technische Hochschule in Wien bestimmten Modellkoordinaten als gleich genau angenommen. Zusätzlich ergab sich damit eine durchgreifende Daten- und Methodenkontrolle.

2.2.4.2 Version b1 (mit allen terrestrisch bestimmten Punkten)

Bei dieser Blockversion wurden alle 127 bzw. 126 terrestrisch bestimmten Lage- und Höhenpunkte als Paßpunkte verwendet. Die Gewichtswahl für die Paßpunkte entspricht der der Version a1 (2.2.4.1). Durch diese Annahme wurde die Homogenität allein der terrestrischen Punkte überprüft.

2.2.4.3 Version b2 (mit allen terrestrisch bestimmten Punkten)

Analog zur Version b1 (2.2.4.2) wurden auch für diesen Block alle terrestrisch bestimmten Punkte als Paßpunkte eingeführt. Für diese EP und TP wurde die Gewichtsmatrix ∞ angenommen. Die Begründung dieser Wahl und ihre Auswirkung wurde bereits im Abschnitt 2.1.3 erläutert. Diese Blockvariante ist hinsichtlich der Anzahl und der Gewichtswahl der verwendeten Paßpunkte mit dem im BAfEuV angewendeten Verfahren der photogrammetrischen Einzelmodellauswertung zu vergleichen.

Für die folgenden Versionen wurde die Anzahl der verwendeten Paßpunkte jeweils reduziert.

2.2.4.4 Version c2 (mit dichtem Paßpunktrand)

Neben den über das Gebiet verstreuten 57 TP wurden noch 32 terrestrisch bestimmte EP, die am Blockrand lagen, als Paßpunkte eingeführt. Dadurch ergibt sich ein dichter Paßpunktrand.

2.2.4.5 Version d2 (mit lockerem Paßpunktrand)

Neben alle TP wurden 8 terrestrisch bestimmte EP als Paßpunkte verwendet. Mit diesen Punkten wurden „offene“ Randstellen des Blockes geschlossen. Die Ergebnisse in der Tabelle 2 zeigen, daß diese Blockversion ausreichend genaue Ergebnisse für die gestellte Aufgabe liefert. In die Praxis umgesetzt würde das bedeuten, daß neben dem vorhandenen Triangulierungsnetz nur einzelne Punkte terrestrisch zu bestimmen sind.

2.2.4.6 Version e2 (nur mit TP)

Bei dieser Berechnungsvariante wurden nur mehr die vorhandenen TP als Paßpunkte verwendet. Diese Version ist nur als sinnvolle Vorarbeit zur Version $\bar{e}2$ (2.2.4.7) zu verstehen.

In einer 1964 eingereichten und 1966 erschienenen Veröffentlichung hat *Kraus* (1966) die Verwendung einer „Pufferzone“ entlang des Blockumfanges zur Genauigkeitssteigerung vorgeschlagen. Theoretische Arbeiten über die Genauigkeit von Blockausgleichungen (z. B. *Ackermann* 1966, *Ebner* 1971b) haben bestätigt, daß bei Blöcken die größten Fehler in den Randmodellen auftreten, wenn die Blockränder nicht durch Paßpunkte abgesichert sind. Die vorliegende Version e2 ist dafür ein Beispiel. Da die Genauigkeit im Blockgebiet nach Streichung der Randmodelle nahezu konstant ist, kann das Fehlen von Randpaßpunkten durch dieses Streichen kompensiert werden. Für den praktischen Einsatz hieße das umgekehrt, daß das Interessengebiet bei der Befliegung, Auswertung und Berechnung in allen Richtungen um ein Modell zu vergrößern wäre und die Werte dieses Randstreifens nach der Ausgleichung verworfen werden müßten.

2.2.4.7 Version $\bar{e}2$ (nur mit TP, nach Streichung der Randmodelle)

Version $\bar{e}2$ stellt keine eigene Blockberechnungsvariante dar. Vielmehr wurde entsprechend den Ausführungen in 2.2.4.6 von den ursprünglichen 105 Modellen 49 Randmodelle gestrichen. Diese Version hat den Vorteil, daß überhaupt keine EP terrestrisch zu messen sind und die Blockausgleichungsergebnisse sehr nahe der Version mit dichtem Paßpunktrand kommen (siehe Tabelle 2). Für die Modellverknüpfung müssen aber auch in allen Randmodellen Punkte vorliegen. Beschränkt man sich bei der Feldarbeit für diese „Hilfspunkte“ auf das bloße Auslegen von Signalen und deren Überwachung bis zum Flug, so sind, unter Verwendung der Werte des Abschnittes 4.2, die Kosten der Version c2 und $\bar{e}2$ etwa gleich.

2.2.5 Ergebnisse der EP-Blockberechnung

Während die Tabelle 2 die numerischen Aussagen aller EP-Blockausgleichsvarianten und deren statistische Angaben enthält, mußte wie beim ÖK-Block (2.1.4) auf eine graphische Darstellung der einzelnen Versionen aus Platzgründen verzichtet werden. Wegen dieser Abbildungen wird auf *Otepka* (1973) verwiesen.

Tabelle 2

Ergebnisse der Blockberechnungen

OPERAT Version	ÖK 161		EP-REV. ALTENFELDEN						
	a	b	a1	b1	b2	c2	d2	e2	e2
	2.1.3.1	2.1.3.2	2.2.4.1	2.2.4.2	2.2.4.3	2.2.4.4	2.2.4.5	2.2.4.6	2.2.4.7
Beobachtungen für Lageblock	1148	954	4084	3078	3078	2996	2924	2896	Keine eigene Blockberechnung! Wurde aus Version e 2 (2.2.4.6) durch Streichung der Randmodelle erhalten.
Unbekannte für Lageblock	652	602	1594	1468	1468	1460	1436	1424	
Renundanz für Lageblock	496	352	2490	1610	1610	1536	1488	1472	
Beobachtungen für Höhenblock	877	786	2473	1970	1970	1929	1893	1893	
Unbekannte für Höhenblock	530	506	1118	1055	1055	1051	1039	1033	
Renundanz für Höhenblock	347	280	1355	915	915	878	854	846	
Anzahl der Lagepaßpunkte	76	4	568	127	127	89	65	57	
Anzahl der Höhenpaßpunkte	83	16	567	126	126	88	64	56	
<i>QMV MP X</i>	0,176	0,163	0,026	0,023	0,027	0,026	0,024	0,023	
<i>QMV MP Y</i>	0,217	0,193	0,029	0,027	0,031	0,029	0,028	0,028	
<i>QMV MP Z</i>	0,240	0,232	0,047	0,044	0,050	0,048	0,047	0,047	
<i>QMV PZ X</i>	0,503	0,444	0,105	0,108	0,109	0,107	0,110	0,111	
<i>QMV PZ Y</i>	0,632	0,612	0,080	0,081	0,081	0,081	0,079	0,079	
<i>QMV PZ Z</i>	0,258	0,242	0,029	0,032	0,022	0,023	0,022	0,023	
<i>QMV PP X</i>	0,182	0,077	0,027	0,026	—	—	—	—	
<i>QMV PP Y</i>	0,236	0,112	0,022	0,023	—	—	—	—	
<i>QMV PP Z</i>	0,190	0,130	0,042	0,036	—	—	—	—	
<i>QMV PPP X</i>	0,193	0,077	0,026	0,023	0,035	0,036	0,033	0,030	
<i>QMV PPP Y</i>	0,213	0,112	0,029	0,028	0,038	0,036	0,035	0,035	
<i>QMV PPP Z</i>	0,220	0,204	0,047	0,043	0,061	0,059	0,056	0,056	
σ_o für Lageblock	0,304	0,293	0,034	0,035	0,038	0,037	0,037	0,036	
σ_o für Höhenblock	0,396	0,404	0,061	0,064	0,070	0,069	0,069	0,069	
Anzahl der Lage-Kontrollpunkte	—	72	—	—	—	37	61	69	34
Anzahl der Höhen-Kontrollpunkte	—	67	—	—	—	37	61	69	34

$\overline{m_X}$	—	1,180	—	—	—	0,041	0,054	0,095	0,044
$\overline{m_Y}$	—	0,984*)	—	—	—	0,042	0,055	0,079	0,045
$\overline{m_Z}$	—	1,104	—	—	—	0,072	0,091	0,105	0,082
$\overline{m_{max X}}$	—	3,313	—	—	—	0,098	0,188	0,426	0,102
$\overline{m_{max Y}}$	—	1,802*)	—	—	—	0,149	0,142	0,401	0,138
$\overline{m_{max Z}}$	—	3,318	—	—	—	0,221	0,228	0,296	0,222
$\overline{m_X/\sigma_0}$	—	4,0	—	—	—	1,1	1,5	2,6	1,2**)
$\overline{m_Y/\sigma_0}$	—	3,3*)	—	—	—	1,1	1,5	2,2	1,3**)
$\overline{m_Z/\sigma_0}$	—	2,7	—	—	—	1,0	1,3	1,5	1,2

*) = Streifenrichtung

***) = mit σ_0 aus der Version e 2 (2.2.4.6)

QMV MP X Quadratische Mittelwerte der Verbesserungen der *QMV MP Y* X-, Y-, Z-Koordinaten der photogrammetrischen Modellpunkte (in Meter)

Die *MP* enthalten die Punktarten:
Lage- und Höhen-Verknüpfungspunkt
Lage- und Höhen-Paßpunkt
Lagepaßpunkt und Höhenverknüpfungspunkt
Höhenpaßpunkt und Lageverknüpfungspunkt

QMV PZ X Quadratische Mittelwerte der Verbesserungen der *QMV PZ Y* X-, Y-, Z-Koordinaten der Projektionszentren (in *QMV PZ Z* Meter)

QMV PP X Quadratische Mittelwerte der Verbesserungen der *QMV PP Y* Paßpunkt-Koordinaten X, Y, Z (in Meter) (siehe Abb.1, *QMV PP Z* Fall a)

QMV PPP X Quadratische Mittelwerte der Verbesserungen der

QMV PPP Y photogrammetrischen Modellkoordinaten X, Y, Z der *QMV PPP Z* Paßpunkte (in Meter)

Die *PPP* sind eine Untergruppe der *MP* und enthalten in X, Y nur die Lage- und Höhenpaßpunkte sowie die Lagepaß- und Höhenverknüpfungspunkte und in Z nur die Lage- und Höhenpaßpunkte sowie die Höhenpaß- und Lageverknüpfungspunkte

$\overline{m_X}$ Quadratische Mittelwerte der „wahren“ Fehler in $\overline{m_Y}$ den Koordinaten X, Y, Z der Kontrollpunkte (in $\overline{m_Z}$ Meter)

$\overline{m_{max X}}$ Beträge der maximalen Fehler in den Koordinaten $\overline{m_{max Y}}$ X, Y, Z der Kontrollpunkte (in Meter) $\overline{m_{max Z}}$

σ_0 mittlerer Fehler der Gewichtseinheit

Die $QMV PP$ von X und Y der Version b1 (2.2.4.2) zeigen die Güte der terrestrischen Punkte. Man sieht, daß der mittlere Koordinatenfehler bei $\pm 2,5$ cm liegt. Andererseits liegt der Koordinatenfehler der photogrammetrischen Modellpunkte in derselben Größenordnung. Unter den vorliegenden Verhältnissen muß daher bei den terrestrischen Messungen und dem photogrammetrischen Block von zwei nahezu gleichwertigen, sich sinnvoll ergänzenden Verfahren gesprochen werden.

Bei der Bearbeitung eines neuen EP-Feldes, sind wie schon im Abschnitt 2.1.3 ausgeführt wurde, die Koordinaten der bereits bestimmten EP und TP anzuhalten. Dadurch kann es zu Spannungen im Zuge der Ausgleichung kommen, die sich in einer Abweichung der $QMV PPP$ von den $QMV MP$ äußern (siehe Tabelle 2). Durch die Einführung der „Interpolation nach kleinsten Quadraten“ in die Photogrammetrie, hat Kraus (1973) eine Möglichkeit angegeben, die es erlaubt, solche Netzspannungen zu kompensieren. Damit hat das Argument, daß sich photogrammetrische Einzelmodellauswertungen besser als Bild- bzw. Modellverbände eventuell bestehenden terrestrischen Netzspannungen anpassen, eigentlich seine Berechtigung verloren. Da beim EP-Operat Altenfelden $QMV PPP$ nur geringfügig größer als das entsprechende $QMV MP$ ist (siehe Tabelle 2, Version b2, c2, d2 und e2), wurde auf eine diesbezügliche numerische Nachbehandlung der Blockausgleichungsergebnisse verzichtet.

Die quadratischen Mittelwerte \bar{m} — berechnet aus den „wahren“ Koordinatenfehlern der Kontrollpunkte — sind ein zuverlässiges Maß für das Zusammenstimmen der völlig unabhängig durchgeführten photogrammetrischen und terrestrischen Punktbestimmung. Während die quadratischen Mittelwerte \bar{m} der Versionen c2, d2, und e2 annähernd gleich sind und den gesetzlichen Genauigkeitsanforderungen entsprechen, d. h. $\bar{m} X = \bar{m} Y \leq \pm 7$ cm, kommt es bei der Version e2 durch den offenen Blockrand zu einer Unsicherheit in der Randzone des photogrammetrischen Blockes, was in dem Ansteigen von \bar{m} deutlich sichtbar wird (siehe Tabelle 2).

Die Güte des vorliegenden Operates kommt auch in dem σ_0 bzw. \bar{m}/σ_0 zum Ausdruck. Für einen mittleren Bildmaßstab von 1:9000 ergibt das σ_0 des Lageblockes einen Wert von $4\mu\text{m}$ im Bild für eine Koordinate und das σ_0 der Höhenausgleichung eine Höhen Genauigkeit von $0,05\text{‰}$ der Flughöhe über Grund. Auch der Quotient \bar{m}/σ_0 zeigt bei allen sinnvollen Versionen einen Wert zwischen 1,0 und 1,5, wie er aus theoretischen Überlegungen etwa zu erwarten ist.

3. Gegenüberstellung der Arbeitsgänge bei den verschiedenen Produktionsmethoden

Jeder Versuch einer Klassifizierung und Schematisierung von Arbeitsgängen ist problematisch. Je komplexer der Vorgang bei einer Produktion ist, desto schwieriger wird diese Aufgabe. Für einen Kosten- und Wirtschaftlichkeitsvergleich verschiedener Produktionsmöglichkeiten ist aber eine solche Gliederung notwendig. Der vorliegende Versuch dieser Einteilung berücksichtigt dabei nicht unbedingt die bestehenden Organisationsformen des BAfEuV.

Die Kosten für die Ausfertigung der einzelnen Operate und der allgemeine Verwaltungsaufwand wurde bei den folgenden Aufstellungen nicht berücksichtigt, da er bei den Vergleichsverfahren nahezu identisch sein wird.

3.1 Österreichische Karte (ÖK)

Für diese Aufstellung ist die Blockausgleichung der im BAfEuV praktizierten Streifen triangulation gegenüberzustellen. Unter Berücksichtigung der instrumentellen Ausstattung des BAfEuV wird angenommen, daß die Einzelmodellmessung für den Block in Analogauswertegeräten erfolgt.

3.2 Einschaltpunkte (EP)

Für die Verdichtung eines bestehenden Triangulierungsnetzes V. Ordnung durch Einschaltpunkte kann man zur Zeit zwischen zwei terrestrischen und zwei photogrammetrischen Verfahren wählen:

- a) trigonometrische Methode,
- b) Polygonalmethode mit Entfernungsmeßgerät,
- c) numerische, photogrammetrische Einzelmodellauswertung,
- d) photogrammetrische Blocktriangulation.

Während die ersten drei Möglichkeiten im BAfEuV eingesetzt werden, wurde die photogrammetrische Blockausgleichung von dieser Stelle bis jetzt nicht verwendet. Da die Ausführungen des Abschnittes 2.2 zeigten, daß dieses Verfahren hinsichtlich der nötigen Genauigkeit auf jeden Fall konkurrenzfähig ist, muß im folgenden noch die Wirtschaftlichkeit dieser neuen Methode belegt werden.

Bei der EP-Bestimmung mittels Blocktriangulation ist zu unterscheiden, ob die photogrammetrischen Messungen in Analoggeräten oder Komparatoren durchgeführt werden. Untersuchungen über den Vorteil zwischen diesen beiden Meßmöglichkeiten ergaben, daß bei Modellen mit weniger als 40 bis 50 Punkten die Stereokomparatormessungen wirtschaftlicher sind (*Ackermann* 1972). Da bei EP-Operaten sicher weniger als 40 Punkte pro Modell zu messen sind, wird in den nachfolgenden Ausführungen zwischen der Datenerfassung durch Analoggeräte und Komparatoren für die Blockausgleichung unterschieden. Die Einzelmodellauswertung, wie sie im BAfEuV praktiziert wird, ist die Grundlage für den Aufwandsvergleich. Dazu wird diese Methode einmal mit den terrestrischen Verfahren und einmal mit den verschiedenen Möglichkeiten der Blocktriangulierung verglichen. Wegen weiterer Details zu diesem Fragenkomplex wird auf die Originalarbeit verwiesen (*Otepka* 1974).
(Schluß folgt)

Zur Lösung des ebenen Rückwärtsschnittes mit Hilfe elektronischer Rechner

Von *Günter Wagensommerer*, Wien

Beim Studium der Fachliteratur über Abhandlungen zur Auflösung des Rückwärtsschnittes könnte man den Eindruck gewinnen, eine kaum erfaßbare Anzahl von Lösungen vor sich zu haben. Die Frage nach der tatsächlichen Anzahl der Lösungswege ist nach [1] darin zu finden, daß diese jeweils aus bestimmten Hilfs-

Untersuchung über die Einsatzmöglichkeit der Blockausgleichung in Österreich*)

Von *Gottfried Otepka*, Wien

(Schluß)

4. Kostenaufstellung der verschiedenen Methoden

Für die Kostenerstellung wurden Literaturangaben und Informationen des BAFeuV (*Bernhard* 1973, *Duschanek* 1973, *Kantner* 1973, *Zimmermann* 1974) verwendet. Ergänzt sind diese Angaben durch eigene Erfahrungen, die bei der Bearbeitung der Testoperatate gewonnen wurden.

Die Personalkosten basieren auf den Stundenlohnsätzen, die 1973 vom BAFeuV an Dritte verrechnet wurden und in Tabelle 3 wiedergegeben sind.

Verwendungsgruppe	Stundenlohnsätze in ö S	
	Außendienst	Innendienst
A	178,—	134,—
B	133,—	95,—
C	94,—	61,—
D	85,—	55,—
E	75,—	44,—
Meßgehilfe	42,—	—

Bei der Kostenaufstellung wurden folgende Annahmen getroffen: 180 Arbeitstage/Jahr. Photogrammetrische Auswertegeräte sollen sich in 20 Jahren, alle übrigen Vermessungsgeräte in 15 Jahren amortisiert haben. Das investierte Kapital wird ohne Verzinsung in Ansatz gebracht. Die Vermessungsgeräte werden pro Jahr 120 bzw. 30 Arbeitstage eingesetzt. Die 30 Tage beziehen sich auf jene Geräte, die bei den Außendiensten der Abteilung L1 eingesetzt werden. Nach *Stickler* (1966) beträgt in dieser Abteilung der Innendienst fünf Sechstel und der Außendienst ein Sechstel aller Arbeitstage.

Dem BAFeuV stehen für den Bildflug vier Einsatzflughäfen (Wien, Salzburg, Innsbruck, Klagenfurt) zur Verfügung. Da für die Kalkulationen normalerweise der zum Flugoperat nächstgelegene Flughafen herangezogen wird, gibt es in Österreich kein Gebiet, das mehr als 200 km An- und Abflugstrecke hat. Für die Berechnung der Flugkosten wird die mittlere Entfernung des jeweiligen Aufnahmegebietes vom Einsatzflugplatz bzw. die notwendige Steigzeit zur Erreichung der Einsatzhöhe berücksichtigt. Bei den Kostenabschätzungen wurden Entfernungen von 50, 100, 150 und 200 km angenommen. Bei dem Rechenprogramm, mit dem die Flugkosten der verschiedenen Annahmen abgeschätzt wurden, konnten Informationen der Veröffentlichungen von *Stickler* (1967) und *Bernhard* (1972) sowie Mitteilungen der Abteilung L1 des BAFeuV (*Duschanek* 1973, *Kantner* 1973) verwendet werden.

*) Auszug aus der im Juni 1974 an der Technischen Hochschule in Wien approbierten Dissertation gleichen Titels.

Bei den Kosten der einzelnen Arbeitsgänge sind bereits Personal- und Amortisationskosten sowie allfällige Material- und Transportspesen enthalten. Für die Berechnung der Fahrkosten wurden die amtlichen Kilometergeldsätze verwendet, die im Dezember 1973 gültig waren.

Der Aufwand für die Blockberechnung wurde, wie schon im Abschnitt 2.2.3 angedeutet ist, nach den Werten aus der Arbeit von *Ebner* (1971 a) bestimmt und bezieht sich auf die Ausgleichung mit dem Computer CDC 6600. Für alle behandelten Operatsgrößen kann die Rechenzeit pro Modell als konstant angenommen werden. Die Amortisationskosten des Blockausgleichungsprogrammes PAT-M 43 wurden nach den von *Kraus* (1973) angegebenen Werten bestimmt, wobei angenommen wurde, daß das BAfEuV jährlich 12000 Punkte mit dem Rechenprogramm bestimmt (10000 EP und 2000 Punkte bei den Triangulationen für die ÖK).

Die angegebenen Rechenkosten, die dem BAfEuV bei den derzeit eingesetzten Methoden erwachsen, beziehen sich auf die in der Abteilung K 5 (Elektronische Datenverarbeitung) befindlichen Anlage UNIVAC 9300. Die Kosten für eine Stunde Rechenzeit an diesem Computer gibt *Zimmermann* (1974) mit öS 1300,— an. Bekanntlich ist das Preis-Leistungsverhältnis bei Großrechenanlagen wesentlich günstiger als bei der oben angegebenen Maschine. Da jedoch für das neue Doppelsystem IBM 370/158 des Bundesrechenamtes noch keine entsprechenden Kostenangaben vorliegen (*Zimmermann* 1974), mußten bei den verschiedenen Kostenaufstellungen die jeweiligen Werte der UNIVAC 9300 eingesetzt werden.

4.1 Österreichische Karte (ÖK)

Die Einheit, für die die Kostenberechnung durchgeführt wurde und die für den Wirtschaftlichkeitsvergleich herangezogen wird, ist 1 km² Geländefläche, für die durch die Aerotriangulation Paßpunkte geschaffen werden, um eine graphische Auswertung des Geländes zu ermöglichen.

Beschränkt man sich bei der Streifentriangulierung auf die Bearbeitung von nicht unterteilten Streifen und berücksichtigt man die im BAfEuV dafür verwendete Methode (*Halwax* 1962), so sind die Überbrückungsdistanz einerseits und die Streifenlänge andererseits die begrenzenden Faktoren für ihre Anwendungsmöglichkeit (*Waldhäusl* 1973). Sollen überdies nur komplette Kartenblätter bearbeitet werden, deren Flugstreifen in Österreich nur in West-Ost- bzw. Ost-West-Richtung verlaufen, so kann ein Operat des BAfEuV in dieser Richtung aus maximal einem Doppelkartenblatt bestehen. In der vorliegenden Untersuchung konnten daher nur die Operatsgrößen

1. ein Kartenblatt,
2. ein Doppelkartenblatt,
3. zwei Doppelkartenblätter übereinander,

miteinander verglichen werden, obwohl diese verhältnismäßig kleinen Operatsgrößen einen Nachteil für die Wirtschaftlichkeit der Blockausgleichung darstellen. Für die Abschätzung der Flug- und Materialkosten wurden die Flüge für die oben angegebenen Operatsgrößen mit 60% Längs- und 30% Querüberdeckung, einem Bildmaßstab 1:25000 und einer Weitwinkelkamera (Brennweite 15 cm, Bildformat 23 cm) geplant. Mit den im vorherigen Abschnitt angegebenen Operatsentfernungen

zu den Einsatzflughäfen ergeben sich für 1 km² Geländefläche Kosten, die in der Abbildung 3 angegeben sind. Wie aus dieser Abbildung zu entnehmen ist, sind die Flugkosten pro km² Geländefläche für ein Doppelkartenblatt bzw. zwei Doppelkartenblätter gleich. Berücksichtigt man nämlich die oben angeführten technischen Daten und die Tatsache, daß für die Flugzeuge des BAFuV die maximale Flugzeit pro Flugeinsatz fünf Stunden beträgt, so zeigt sich, daß im vorliegenden Fall das zweite Doppelkartenblatt als eigenes Flugoperat kalkuliert werden muß.

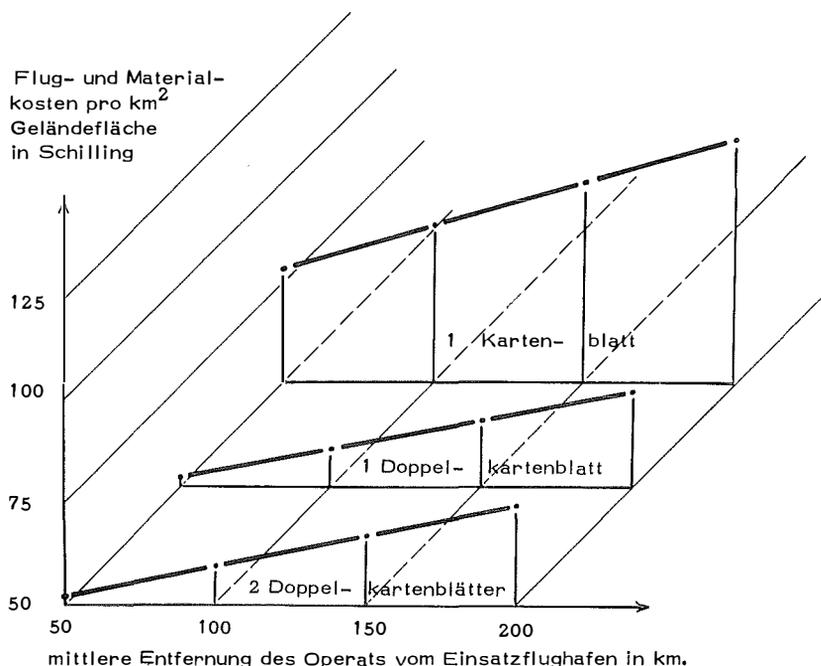


Abb. 3

In den nächsten Jahren sollen im BAFuV jährlich vier Kartenblätter und damit eine Fläche von rund 2100 km² trianguliert werden. Diese 2100 km² wurden als Grundlage für die Amortisation der Vermessungsgeräte herangezogen.

Der Meßaufwand für Vollpaßpunkte wurde doppelt so hoch angenommen als der für Höhenpaßpunkte. Diese Annahme erscheint gerechtfertigt, wenn man bedenkt, daß bei Blöcken, wo ja verhältnismäßig mehr Höhenpunkte zu bestimmen sind, für die Lage dieser Punkte innerhalb eines Blockes große Spielräume existieren. Die Höhenpunkte sollten nur dort bestimmt werden, wo sie von bestehenden Festpunkten einfach „abgesetzt“ werden können.

Für das im BAFuV verwendete Streifenausgleichsverfahren sind sechs Vollpaßpunkte pro Streifen notwendig. Für die absolute Orientierung der Anfangsmodelle aller Streifen und für die Randstreifen sind zusätzliche Höhenpunkte notwendig. Die Überbrückungsdistanz zwischen zwei Vollpaßpunktquerschnitten/Streifen ist ≤ 5 Modelle.

Die Ergebnisse des Abschnittes (2.1.4) bestätigen, daß bei ÖK-Blöcken vier Vollpaßpunkte pro Kartenblatt und drei Höhenpaßpunktketten (*Jordan / Eggert / Kneissl* 1972, S. 1806) ausreichen. In der Tabelle 4 ist als Ergebnis die Anzahl der Paßpunkte pro km² Operatsgröße für die beiden zu vergleichenden Methoden angegeben.

Tabelle 4

Operatsgröße in Kartenblättern	schematische Operat- ausdehnung	Operatsgröße in km	Operatsfläche in km ²	Streifenanzahl			Paßpunktanzahl bei Streifen- triangulation		Paßpunktanzahl bei Block- triangulation		Anzahl der Paßpunkte/km ² Operatsgröße	
				Modellanzahl/ Streifen	Modellanzahl	V/H	V/H	Streifen	Block			
1 Kartenblatt		27,5 × 19	522,5	6	9	54	22/10	4/17	0,052	0,024		
1 Doppelkartenblatt		38 × 27,5	1045,0	6	17	102	35/14	6/15	0,040	0,013		
2 Doppelkarten- blätter		55 × 38	2090,0	11	17	187	60/20	8/29	0,033	0,011		

V = Vollpaßpunkt H = Höhenpaßpunkt

Die Vermessungspartien, die im BAFuV Paßpunkte für ÖK-Operate bestimmen, bestehen aus vier Mann. Die durchschnittliche Leistung beträgt 1 bis 1,5 Vollpaßpunkte (Zwillingspunkte) pro Außendiensttag (*Bernhard* 1973).

Die Vorbereitung der Auswertung besteht in der Auswahl von „Aeropunkten“ und der Anfertigung von entsprechenden Skizzen. Für diesen Arbeitsabschnitt wurde eine Stunde pro Modell und für die nachfolgende Auswertung zwei Stunden als Durchschnittswert angenommen. Die Amortisationskosten ergeben sich aus dem derzeitigen Preis für einen Universalautograph Wild A 7 und den notwendigen Ausgabeinheiten.

Zimmermann (1974) gibt an, daß bei einem Kartenblatt für die Streifenausgleichung 15 Minuten Rechenzeit pro Streifen an der UNIVAC 9300 benötigt werden (drei Läufe à fünf Minuten).

Berücksichtigt man die Flugkosten (Abb. 3) und die obigen Ausführungen, so können die Gesamtkosten für Flug, Paßpunktmessung und -rechnung, Auswertung und Aerotriangulationsausgleichung bei den drei behandelten ÖK-Operatsgrößen angegeben werden. Sie sind in Abb. 4 dargestellt.

4.2 Einschaltpunkte (EP)

Die Einheit, die für die Kostenberechnung und den Kostenvergleich verwendet wird, ist ein Einschaltpunkt.

Die für die Kostenerstellung notwendigen Daten der terrestrischen Meßmethoden stammen von Informationen des BAFuV (*Arnold* 1974, *Höllrigl* 1974, *Zeger* 1974) sowie aus den Veröffentlichungen von *Hörmannsdorfer* (1973) und *Schwarzinger, Schneider* (1973). Die entsprechenden Unterlagen für die in der Abteilung L1 praktizierte Methode wurden den bereits erwähnten Arbeiten von *Stickler* (1966) und

Kovarik (1971) entnommen. Hinsichtlich ihrer Aktualität überprüft und ergänzt wurden diese Veröffentlichungen durch Mitteilungen von *Bernhard* (1973).

Die EP-Netze stellen bekanntlich eine Verdichtung der Triangulierung V. Ordnung dar. EP-Operate werden daher nur dort begonnen, wo dieses Triangulierungsnetz vorhanden ist. Unter dieser Voraussetzung werden vom BAFuV für die Erkundung, Vermarkung und Beobachtung von 50 Einschaltpunkten nach der

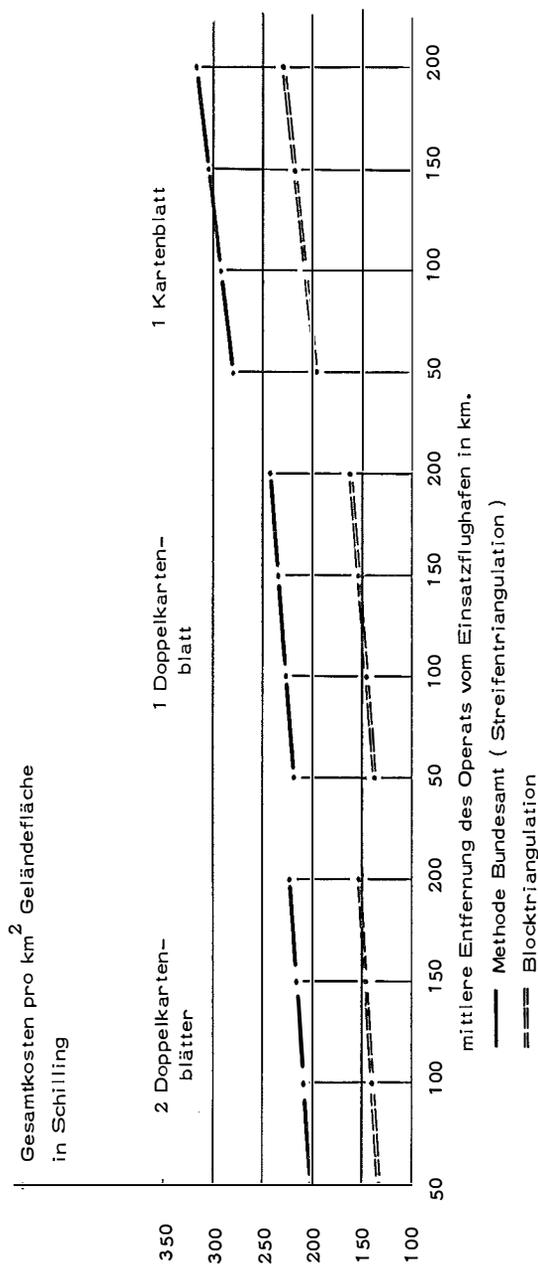


Abb. 4

trigonometrischen Methode 16 und nach der polygonalen Methode 13 Arbeitstage gerechnet (Arnold 1974, Zeger 1974). Die Seitenmessung bei der „Polygonalmethode“ wird mit Distanzmeßgeräten (z. B. Wild DI 10) durchgeführt. Grundlage für die Kostenabschätzung der Geräteamortisation und des Betriebes bei der letztgenannten Methode ist die Arbeit von Schwarzinger, Schneider (1973).

Der Zeit- und Materialaufwand für den Arbeitsgang Vermarkung bezieht sich auf das derzeit für EP vorgeschriebene Setzen von Kunststoffmarken. Die in den Jahren 1969 bis 1973 photogrammetrisch bearbeiteten EP-Operate hatten eine durchschnittliche Größe von rund 50 km^2 mit einer durchschnittlichen Punktzahl von 350 EP. Addiert man zu dieser Punktzahl noch die rund 50 Triangulierungspunkte V. Ordnung in diesem Gebiet, so ergibt das eine Festpunktdichte von etwa acht Punkten pro km^2 . Bei dieser Punktdichte ist für eine Blocktriangulation 1:8000 der größtmögliche Bildmaßstab, da ansonsten zu wenig signalisierte Punkte für die Modellverknüpfung gegeben sind. Im Gegensatz zu den Schwierigkeiten des Punktfluges, die jedoch vom BAfEuV immer wieder glänzend gelöst werden, genügt für die Blockausgleichung ein Reihenflug mit einer 60%igen Längs- und Querüberdeckung. Die 60%ige Querüberdeckung garantiert, daß jeder EP in mindestens zwei Modellen, d. h. kontrolliert, bestimmt wird. Andererseits bewirkt dieser doppelte Modellverband eine Genauigkeitssteigerung, so daß der Bildmaßstab — im Gegensatz zum Testoperat Altenfelden (1:8000, 20 bis 48 % Querüberdeckung) — etwas verkleinert werden kann. Um eine gewisse Variationsbreite in der Kostenrechnung zu haben, wird bei der vorliegenden Untersuchung neben dem Bildmaßstab 1:8000 auch der Bildmaßstab 1:10000 berücksichtigt.

Bei den Kostenvergleichen spielt die Operatsgröße eine bedeutende Rolle. Mit den Rechenprogrammen, die für diesen Teil der Arbeit geschrieben wurden, könnten selbstverständlich beliebige Netzdimensionen behandelt werden. Die nachfolgenden Ausführungen beschränken sich der Übersicht wegen auf quadratische Operate mit Seitenlängen von 3×3 bis $10 \times 10 \text{ km}^2$.

Geschlossene Waldgebiete, in denen keine EP gesetzt werden und die sich über mehrere Luftaufnahmen erstrecken, bringen Probleme für die Aerotriangulation. Solche Enklaven müssen entweder durch zusätzliche Paßpunkte abgesichert sein oder man sorgt durch das Setzen von „künstlichen“ Punkten (siehe dazu die Ausführungen in 2.2.2), daß eine hinreichende Modellverknüpfung gegeben ist. Durch das Vorhandensein der Triangulierungspunkte im Block ist eine Messung von eigenen Höhenpaßpunkten in der Regel überflüssig. Der Blockrand muß, so man nicht wie bei der Version e2 verfährt (2.2.4.7), allerdings durch Paßpunkte abgesichert sein. Zur Abschätzung der jeweils notwendigen Paßpunktzahl, wurde ein dichtbesetzter Paßpunktrand angenommen (Paßpunktabstand je nach Verhältnis zwischen zwei und drei Bildbasen). Von dieser Zahl kann jedoch mindestens ein Drittel durch vorhandene TP ersetzt werden. Als Beispiel dafür sei die Version d2 des Testoperates angeführt, wo von den etwa 25 notwendigen Randpaßpunkten nur acht terrestrisch bestimmte Einschaltpunkte verwendet wurden. Bei den nachfolgenden Kostenberechnungen wurde diese Tatsache jedoch nicht berücksichtigt.

Der Aufwand und die Kosten, die die Aufrechterhaltung der Signalisierung („Luftbereitschaft“) verursachen, sind ein Minus der Photogrammetrie. Allerdings

werden die Zeiträume, die ein Operat „luftbereit“ bleiben muß, meistens weit überschätzt. An Hand der Aufzeichnungen der L1 gibt *Praschl* (1974) an, daß die Luftbereitschaft in den Jahren 1969 bis 1973 pro EP-Operat durchschnittlich 5,4 Tage betrug.

Die Punktidentifizierung wird im BAfEuV an einem Punktmarkiergerät vorgenommen. Nach *Bernhard* (1973) werden 15 Punkte pro Stunde identifiziert und in den Bildern markiert.

Die Auswertezeiten richten sich nach dem jeweiligen Bildmaßstab und Auswertegerät. Pro Modell wurden dafür folgende Werte in die Kostenrechnung eingesetzt:

- | | | |
|----------------|------------------------|--------------|
| 1. Analoggerät | a) Bildmaßstab 1:15000 | 3,0 Stunden |
| | b) Bildmaßstab 1:10000 | 2,5 Stunden |
| | c) Bildmaßstab 1: 8000 | 2,0 Stunden |
| 2. Komparator | a) Bildmaßstab 1:10000 | 1,5 Stunden |
| | b) Bildmaßstab 1: 8000 | 1,0 Stunden. |

Die Werte für 1. a) und c) der obigen Aufstellung wurden von *Bernhard* (1973) angegeben. Die entsprechenden Werte für 2. a) und b) stammen aus eigenen Erfahrungen. Die Kosten für die Modellbildung der Komparatormessungen wurden nach dem tatsächlich dafür benötigten Zeitaufwand ermittelt, wobei die Computerebene an der IBM 1130 mit öS 1000,— angesetzt wurde.

Die Berechnung der terrestrisch gemessenen Einschaltpunkte an der UNIVAC 9300 erfolgt in zwei Schritten. Im ersten Schritt werden die vorläufigen Koordinaten bestimmt, um daran eine strenge Ausgleichung aller Informationen anzuschließen. Entsprechend der derzeitigen Programmversion können 20 bis 25 Neupunkte in einem Netz bearbeitet werden. Da bei diesen Neupunkten aber alle möglichen Zentrierungsaufgaben vorkommen können, spricht *Zimmermann* (1974) von Neupunktsystemen. Für die Erstellung der vorläufigen Koordinaten sind im Regelfall zwei Programmläufe mit je 4 bis 8 Minuten Rechenzeit nötig. Der dritte Lauf, in dem die strenge Ausgleichung erfolgt, dauert rund 5 Minuten.

Die derzeit praktizierte Ausgleichung der photogrammetrisch bestimmten Einzelmodelle benötigt zwei Arbeitsläufe und einen Endlauf in der Rechenanlage. Die dabei auflaufenden Rechenzeiten sind hoch. So benötigt die Einzelmodelltransformation eines Operates, das aus rund 210 Einschaltpunkten besteht, pro Lauf 1 Stunde Rechenzeit.

Das Ergebnis dieser Kostenberechnung für die im Kapitel 3.2 angegebenen Methoden und Verfahren ist in der Abbildung 5 dargestellt. Die verschiedenen Operatsentfernungen bei den photogrammetrischen Verfahren bewirken, daß es sich hier nicht um eine Einzelkurve handeln kann. Der untere Rand der „Kostenbänder“ zeigt den gesuchten Wert bei einer mittleren Operatsentfernung von 50 km an. Der obere Rand stellt den entsprechenden Wert bei 200 km Anflugweg dar. Die für die Blocktriangulationen angegebenen Werte beziehen sich auf Einzelmodellauswertungen in Analoggeräten und Ausgleichung an der CDC 6600. Um die vorliegende Abbildung nicht zu unübersichtlich zu machen, wurde auf die Darstellung der entsprechenden Kurven, die sich aus der Verwendung von Komparatoren zur Bild-

koordinatenmessung ergäben, verzichtet. Diese Werte liegen durchwegs unter den Gesamtkosten, die sich bei der Benützung von Analoggeräten ergeben (siehe *Otepka* 1974).

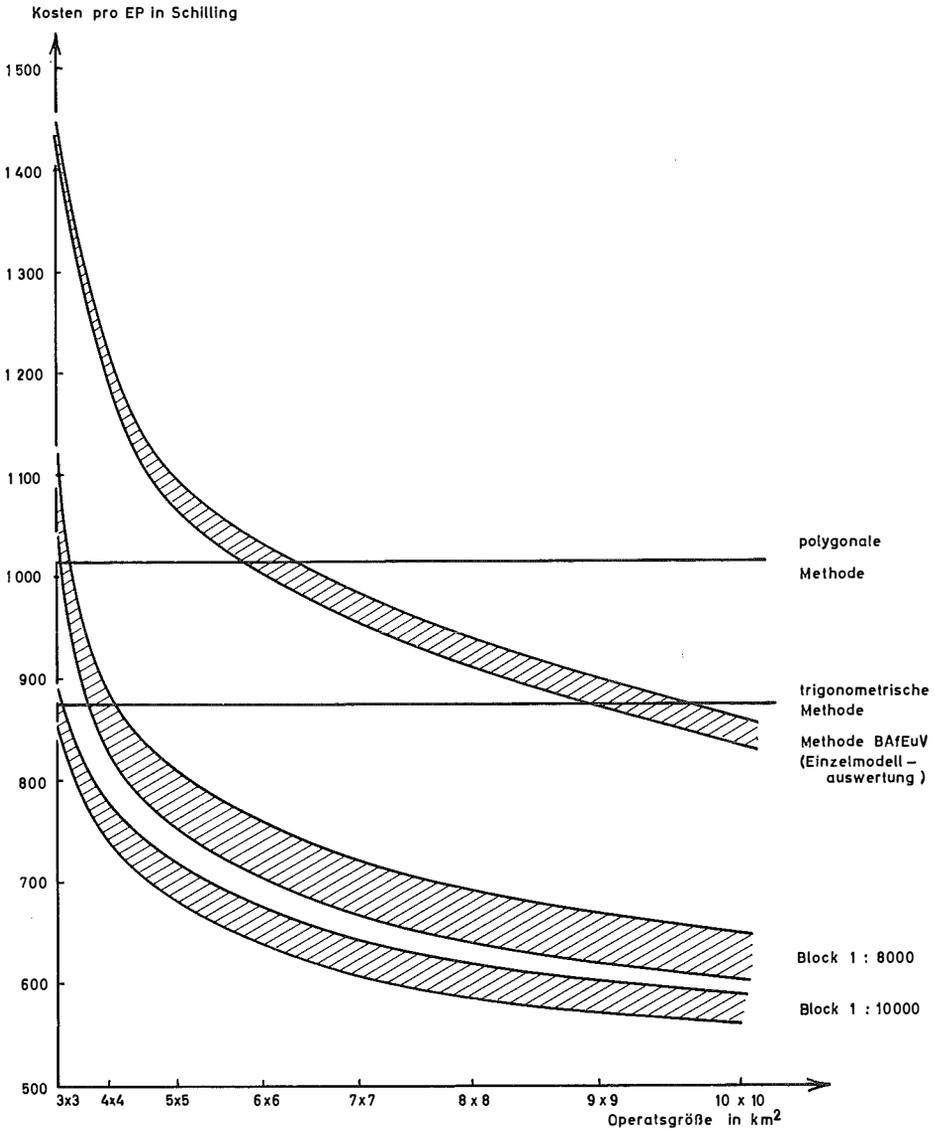


Abb. 5

5. Kostenvergleich der verschiedenen Methoden

5.1 Österreichische Karte (ÖK)

Für die untersuchten Arbeitsgänge bringt der Einsatz der Blocktriangulation anstelle der derzeit praktizierten Streifentriangulation erhebliche Kosteneinsparungen, die je nach Operatsgröße und -entfernung variabel sind. Drückt man diese Tatsache

in Prozenten aus, so ergibt das für ein Kartenblatt 29–26%, für ein Doppelkartenblatt 36–30% und für zwei Doppelkartenblätter 32–30%.

5.2 Einschaltpunkte (EP)

Bei dieser Aufgabe wurde der gesamte Aufwand (ohne Verwaltung) abgeschätzt. Die Abbildung 5 zeigt die Gesamtkosten pro EP. Mit ihrer Hilfe kann sofort angegeben werden, welche der verglichenen Methoden, bei vorgegebener Operatsgröße, am billigsten ist. Man sieht aus dieser Abbildung, daß die Blocktriangulation mit dem Bildmaßstab 1:10000 und dichtem, terrestrisch bestimmtem Paßpunktrand, selbst bei einer Operatsgröße von nur $3 \times 3 \text{ km}^2$ nicht teurer als die trigonometrische Methode ist.

Drückt man die Kosteneinsparung in Schillingbeträgen aus, so erkennt man, daß bei einem einzigen Operat mit 350 Einschaltpunkten, was dem Durchschnittswert der Operate der Abteilung L 1 entspricht (siehe 4.2), die Kosteneinsparung durch die Verwendung der Blocktriangulation im Bildmaßstab 1:8000 gegenüber der Einzelmodellauswertung bereits über 100.000,— ö. Schilling und gegenüber einer terrestrisch trigonometrischen Bestimmung etwa 70.000,— ö. Schilling ausmacht.

6. Folgerungen und Schluß

Wird von den Ergebnissen des Kapitels 4.1 als zumindest guten Näherungswerten für die derzeitigen Kosten der beiden Aerotriangulationsverfahren bei der ÖK-Herstellung ausgegangen, so ist klar, daß die Blocktriangulation möglichst sofort die derzeit praktizierte Streifentriangulation ablösen sollte. Neben der Verbilligung, die diese Umstellung selbst bei Operatsgrößen von nur einem Kartenblatt mit sich bringt, ergibt sie außerdem eine Vereinfachung und Objektivierung für die Triangulation und ihre Ergebnisse. *Waldhäusl* (1973) konnte dazu nachweisen, daß die „funktionalen Modelle“ der Streifenausgleichungen sehr anfällig gegen fehlerhafte Anwendungen sind.

Von den 213 Kartenblättern der ÖK 1:50000 sollen bis 1982 noch rund 30 Blätter neu aufgenommen werden. Eine Umstellung der Triangulierungsmethode erscheint daher durchaus noch sinnvoll. Die Tatsache, daß von diesen Kartenblättern 23 einen geschlossenen Block rund um Zell am See (Kartenblätter Nr. 90–92, 95, 96, 120–127, 151–157, 179–181) bilden, der durchwegs sehr gebirgiges Gelände (Alpenhauptkamm) umfaßt, ist ein weiteres Argument für die Einführung der Blocktriangulation bei der ÖK-Herstellung. So könnten, falls nicht auf die vorhandenen Flug- bzw. Gerätekapazität Rücksicht genommen werden müßte, diese 23 Blätter in einem einzigen Block trianguliert werden.

Bei EP-Netzen ist die Situation etwas komplexer. Hier können auf Grund von Operatsform und Geländebeziehungen Differenzen zwischen den mit den Angaben des Kapitels 4.2 kalkulierten Werten und den effektiv auflaufenden Kosten entstehen. Diese Schwierigkeiten treten jedoch bei allen untersuchten Verfahren auf. Daher wird sich an der Kostenrelation der in der Abbildung 5 angegebenen Werte, keine wesentliche Verschiebung ergeben. Wie zu erwarten war, zeigen die Kurven der Abbildung 5, daß die Produktionskosten bei den photogrammetrischen Ver-

fahren mit der Vergrößerung der Operatsfläche erheblich sinken. Um diese Tatsache auszunützen, sollen künftige photogrammetrische EP-Operate größer als der derzeitige Durchschnitt von 50 km² sein.

Zur Bestimmung der Einschaltpunkte können — wie diese Untersuchung zeigt — die vorhandenen Mittel und Möglichkeiten des BAfEuV optimaler eingesetzt werden. Bekanntlich sind von den projektierten 400000 Festpunkten für das Bundesgebiet bis jetzt erst 182000 vorhanden (*Kaluza* 1974). Bei einer Jahresleistung von 20000 neuen EP und für verschiedene Prozentsätze an Punktverlusten, hat *Stickler* (1966) die Zeiträume angegeben, in denen das österreichische Festpunktnetz „fertig“ sein könnte. In der Zwischenzeit ist die Anzahl der pro Jahr erstellten Neupunkte auf etwa 12000 bis 14000 zurückgegangen. Über den Punktverlust, dem man nun anscheinend im BAfEuV den Kampf ansagen will (*Kaluza* 1974), gibt es von der Abteilung L1 konkrete Zahlenangaben, die bei der Bearbeitung der EP-Revisionsoperate (siehe dazu 2.2) in den Jahren 1970 bis 1973 gesammelt werden konnten. Die Auswertung davon ergibt, daß für die ersten zehn Jahre des Bestandes eines Operates mit einer durchschnittlichen Punktverlustquote von 2 bis 3% gerechnet werden muß (*Praschl* 1974). Sollen einerseits die 400000 Festpunkte geschaffen werden und andererseits diese Punkte nicht nur auf dem Papier existieren, so bedarf es zusätzlich einer intensiven Revisionstätigkeit. Entsprechend den derzeit geltenden Bestimmungen sind Operate in Abständen von fünf Jahren zu überarbeiten. Es wäre zu prüfen, ob nicht kürzere Revisionszeiten wirtschaftlicher wären. Denkt man dabei an Zeiträume von zwei bis drei Jahren, so könnten, unter Berücksichtigung der derzeitigen Kapazität, die terrestrischen Methoden ausschließlich für diese Aufgaben eingesetzt werden. Sollten aus irgendwelchen Gründen EP-Neuoperate mit Kleinstausmaßen zu erstellen sein, so wären auch dafür die terrestrischen Verfahren zu verwenden. Ab einer gewissen Punktverlustquote, die bei größeren Revisionszwischenräumen durchaus erreicht werden, ist die photogrammetrische Blockausgleichung auch dort in wirtschaftlicher Hinsicht durchaus konkurrenzfähig. Bei solchen Operaten sind dann überhaupt keine Paßpunkte mehr zu messen. Diese letzten Andeutungen zeigen, daß eine eigene Untersuchung durchaus sinnvoll wäre, die unter Beachtung der möglichen Parameter, eine wirtschaftlich optimale Lösung für jedes EP-Revisionsoperat angibt.

Interessanterweise sind es immer wieder Personen aus dem Kreis der „Photogrammeter“, die den Versuch von Wirtschaftlichkeitsrechnungen für ihre Produkte anstellen. Aus der Gruppe derer, die sich ausschließlich mit herkömmlichen terrestrischen Vermessungsmethoden und Verfahren beschäftigen, kommen selten solche Arbeiten. Vielleicht liegt die Ursache darin, daß der Photogrammeter auch heute noch glaubt, sich und den anderen Kollegen beweisen zu müssen, daß seine hohen Investitionskosten gerechtfertigt sind. Tatsächlich müssen aber gerade in letzter Zeit auch für moderne terrestrische Verfahren und Möglichkeiten erhebliche Anschaffungen getätigt werden, so daß dieses „Schuldgefühl“ durchaus zu Unrecht besteht.

Neben solchen reinen Kostenvergleichen sind aber gerade heute personelle und soziale Aspekte bei dem Einsatz einer Methode zu berücksichtigen, deren Vor- und Nachteil man schwer in Schillingwerten ausdrücken kann. So sind der „immer stärker spürbar werdende Personalmangel und das Streben der Menschen nach

leichter und höher zu wertenden Arbeit“ (aus *Stickler* 1966) Ursache für ein Muß zur Automation. Die terrestrischen Verfahren lassen sich im Vergleich zur Photogrammetrie aber viel schwerer automatisieren.

Selbstverständlich sind aber auch innerhalb einer photogrammetrischen Organisation ständig Wirtschaftlichkeitsrechnungen anzustellen um möglichst optimal produzieren zu können. Diese Optimierung kann durch Änderungen

1. in der Betriebsgröße,
2. bei den Betriebsmitteln,
3. bei der Produktionsmethode,
4. bei den Produkten

erreicht werden. Für das BAFuV sind von den vier Parametern die Punkte 1 und 4 als Konstante vorgegeben. Durch die Installation einer Großrechenanlage im Bundesrechenamt hat sich bei den Betriebsmitteln eine wesentliche Änderung ergeben, die wiederum eine Änderung der Produktionsmethode ermöglicht. Man sollte daher, will man in Zukunft, und nur darauf kann sich eine Wirtschaftlichkeitsrechnung (*Schneider* 1951) beziehen, möglichst wirtschaftlich arbeiten und den Auftrag des Gesetzgebers (Bundesgesetzblatt Nr. 306, 1968) in einem vernünftigen Zeitraum erfüllen, die Blocktriangulation als das derzeit automationsfreundlichste und wirtschaftlichste Verfahren möglichst bald im BAFuV einsetzen.

Literatur

Ackermann, F. (1966): Photogrammetrische Lagegenauigkeit streifenartiger Modellverbände. *Bildmessung u. Luftbildwesen*, 34 (1966), Nr. 3, 119–124 und Nr. 4, 178–184.

Ackermann, F. (1970): Aerotriangulation mit unabhängigen Modellen. *Bildmessung u. Luftbildwesen*, 38 (1970), Nr. 4, 198–206.

Ackermann, F. (1972): Anwendungsmöglichkeiten der Photogrammetrie bei der Katastervermessung von Straßen. Forschungsbericht über die Straßenschlußvermessung Neckarsulm, Stuttgart 1972.

Ackermann, F., Ebner, H., Klein, H. (1970): Ein Programm-Paket für die Aerotriangulation mit unabhängigen Modellen. *Bildmessung u. Luftbildwesen*, 38 (1970), Nr. 4, 218–224.

Bernhard, J. (1972): Die Wirtschaftlichkeit des Bildflugbetriebes. *Vermessungsmagazin*, 1972, Nr. 6, 11–15.

Ebner, H. (1971 a): Methoden der räumlichen Blockausgleichung und ihr numerischer Aufwand. *Österreichische Zeitschrift f. Vermessungswesen*, 59 (1971), Nr. 5, 129–139.

Ebner, H. (1971 b): Genauigkeitserwartungen photogrammetrischer Blöcke mit großen Punktmengen. *Nachrichten aus dem Karten- und Vermessungswesen*, Reihe I, Heft Nr. 53, 1971, 51–70.

Gekeler, G. (1969): Rechenprogramm der IBM-Deutschland auf dem Gebiet der Photogrammetrie. *Bildmessung u. Luftbildwesen*, 37 (1969), Nr. 5, 235–240.

Halwax, F. (1962): Eine Methode für die rechnerische Ausgleichung von Aerotriangulationen. *Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen*, 50 (1962), Nr. 3, 81–90.

Hörmannsdorfer, P. (1973): DI-10 in der Triangulierungsabteilung. *Eich- und Vermessungsmagazin*, 1973, Nr. 10, 12–13.

Jordan|Eggert|Kneissl (1972): *Handbuch der Vermessungskunde*, Band IIIa, Photogrammetrie, 10. Auflage, 1972.

Kaluza, H. W. (1974): Die Geschichte vom Festpunktfeld. *Eich- und Vermessungsmagazin*, 1974, Nr. 11, 5–7.

Kovarik, J. (1971): Zur photogrammetrischen Bestimmung von Einschaltpunkten. *Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen*, 59 (1971), Nr. 2, 39–47.

Kraus, K. (1966): Untersuchungen zur rechnerischen Blockausgleichung für photogrammetrische Katastervermessungen. *Deutsche Geodätische Kommission*, Reihe C, Heft 96, 1966.

Kraus, K. (1973): Die Katasterphotogrammetrie im praktischen Einsatz. Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, 80 (1973), 121–137.

Neumaier, K. (1967): Photogrammetrie und österreichische Vermessung. Zweite Fachtagung für Vermessungswesen in Wien 1967, gesammelte Vorträge, 107–128.

Otepka, G. (1973): Blockausgleichung in Österreich? Geowissenschaftliche Mitteilungen, Heft 3, 21–74.

Otepka, G. (1974): Untersuchung über die Einsatzmöglichkeit der Blockausgleichung in Österreich. Dissertation an der Technischen Hochschule in Wien, 1974.

Otepka, G., Semturs, F., Waldhäusl, P. (1970): Modifikation des IBM-Programmes: „Auswertung von Meßdaten des Stereokomparators PSK von Zeiss“ für Meßdaten des Stereokomparators STK-1 von Wild. IBM Österreich, 1970.

Schneider, E. (1951): Wirtschaftlichkeitsrechnung. Tübingen, 1951.

Schut, G. H. (1969): Photogrammetric Refraction. Photogrammetric Engineering, 35 (1969), Nr. 1, 79–86.

Schwarzinger, K., Schneider, W. (1973): Der Einsatz des DI-10 im Bereich der Vermessungsämter. Eich- u. Vermessungsmagazin, 1973, Nr. 10, 9–11.

Stickler, A. (1966): Zur Frage der photogrammetrischen Bestimmung von Punkten des Festpunktfeldes. Erste Fachtagung für Vermessungswesen in Wien 1966, gesammelte Vorträge, 115–140.

Stickler, A. (1967): Über den Betrieb von Vermessungsflugzeugen. Zweite Fachtagung für Vermessungswesen in Wien 1967, gesammelte Vorträge, 155–174.

Stickler, A. (1971): ÖK 161, Legende zum Koordinatenverzeichnis im M 31⁰. Bundesamt für Eich- u. Vermessungswesen, 1971.

Stickler, A., Waldhäusl, P. (1965): Untersuchung der Genauigkeit photogrammetrisch bestimmter Einschaltpunkte. Österr. Zeitschrift für Vermessungswesen, 53 (1965), Nr. 6, 185–192.

Waldhäusl, P. (1973): Funktionale Modelle der Streifen- und Streifenblockausgleichungen mit einfachen und Spline-Polynomen für beliebiges Gelände. Österr. Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie, Sonderheft 26, 1973.

Zimmermann, E. (1973): Die elektronische Datenverarbeitung im Bundesvermessungsdienst. Österr. Zeitschrift für Vermessungswesen, 61 (1973), Nr. 2, 45–54.

Zupfer, O. (1968): Tendenzen in der Entwicklung der topographischen Aufnahmemethoden. Dritte Fachtagung für Vermessungswesen in Wien 1968, gesammelte Vorträge, 81–95.