

XIV. KONGRESS  
DER INTERNATIONALEN GESELLSCHAFT FÜR PHOTOGRAMMETRIE  
HAMBURG 1980

Kommission I  
Presented Paper

Dr.-Ing. Landolf Mauelshagen

Institut für Photogrammetrie  
Universität Bonn  
Bundesrepublik Deutschland

SIMULTANE BESTIMMUNG VON VERZEICHNUNGSPARAMETERN FÜR  
VERSCHIEDENE KAMMERN DURCH BÜNDELAUSGLEICHUNG

SIMULTANEOUS CALCULATION OF DISTORTION PARAMETERS FOR  
DIFFERENT CAMERAS BY BUNDLE ADJUSTMENT

CALCUL SIMULTANÉ DE PARAMÈTRES DE DISTORSION POUR CHAMBRES  
DIFFÉRENTES PAR COMPENSATION DE FAISCEAUX

*Zusammenfassung:*

*Mittels des Bonner Bündelblockprogramms BOBUE ist die Möglichkeit gegeben, verschiedene zusätzliche Parameteransätze in den Ausgleichungsprozess einzubeziehen. Außerdem lassen sich Kammern mit verschiedener Kammerkonstante im gleichen Algorithmus verarbeiten. Anhand von OEEPE-Befliegungen des Testfeldes Rheidt/Bonn wird die Bestimmung von Verzeichnungsparametern einer Zeiss RMK 8,5/23 und 15/23 behandelt.*

L. Mauelshagen, Bonn

SIMULTANE BESTIMMUNG VON VERZEICHNUNGSPARAMETERN FÜR  
VERSCHIEDENE KAMMERN DURCH BÜNDELAUSGLEICHUNG

1. Einleitung

Die Genauigkeitssteigerung in der numerischen Photogrammetrie während des vergangenen Jahrzehnts ist vor allem in der Erfassung und Elimination systematischer Fehler begründet. Zur Untersuchung und Kompensation der die photogrammetrischen Ergebnisse verfälschenden Systematiken bietet sich ein breites Spektrum von Methoden an (vgl. z.B. Kupfer /6/). Die meisten dieser Verfahren werden u.a. in den AG I/2 und AG III/3 der ISP zu ausgiebigen praktischen Nachforschungen herangezogen (Ziemann /20/, /21/, Kilpelä /5/), denn in den Arbeitsgruppen werden sowohl die Bildgeometrie und Kammerkalibrierung wie die analytische Korrektur der Bildfehler behandelt.

Will man das gesamte photogrammetrische System unter operationell praktischen Aufnahmebedingungen kalibrieren, so sind hierzu Testfeldaufnahmen besonders gut geeignet (Kupfer /7/, Mauelshagen /11/, /12/, /13/). Dies gilt sowohl für terrestrische wie Luftbildaufnahmeanordnungen. Eine Zusammenstellung über vielfältige Untersuchungen zur Kalibrierung von Luftbildsystemen wird in /11/ gegeben.

Wie Meier /14/, /15/ feststellt, sind die Ergebnisse aus Kalibrierungen unter praktischen Aufnahmebedingungen nicht ausschließlich objektiv-spezifisch. Das Bildmaterial enthält eine Reihe von integral vorhandenen Film- und Bilddeformationen. In den zuletzt genannten sind außer der Objektivverzeichnung auch der einfluß der Atmosphäre (Refraktion), der Temperatur und der Flugzeugabschlußgläser enthalten /16/, /17/.

Es werden durch simultane Selbstkalibrierung (Bündelausgleichung) mit Testfeldaufnahmen von Rheidt/Bonn für zwei Reihenmeßkammern Zeiss RMK 15/13 und 8,5/23 Verzeichnungsparameter (zusätzliche Parameter) ermittelt. Von der Simultanausgleichung wurde bereits in /8/, /9/, /11/ Gebrauch gemacht. Als zusätzliche Parameter wurden im vorliegenden Beispiel drei eingebrachte Ansätze untersucht (vgl. 3.).

2. Das Bildmaterial

Das verwendete Bildmaterial stammt aus Befliegungen des Testfeldes Rheidt/Bonn, die vor und nach der Befliegung des Oberschwaben-Blocks (Frühjahr 1969) durchgeführt wurden /7/, /11/. Das Testfeld (2 km x 2 km) umfaßt 41 signalisierte (30 cm x 30 cm) Dreier-Punkt-Gruppen, deren geodätische Punktgenauigkeit  $\pm 10$  mm beträgt. Die Punkte sind in einem regelmäßigen Raster angeordnet.

Alle Streifen wurden in einer solchen Höhe geflogen, daß drei Bilder das Testfeld stereoskopisch überdeckten (60 % Längsüberdeckung). Es ergaben sich somit ungefähre Bildmaßstäbe für die Weitwinkelkammer RMK A<sub>2</sub> 15/13 von 1 : 10500 (WW-Vorflug) und 1 : 10700 (WW-Nachflug) und für die Überweitwinkelkammer RMK A 8,5/23 (mit S-Pleogon A) von 1 : 9600 (ÜWW-Vorflug) und

1 : 10200 (ÜWW-Nachflug). Außer dem ÜWW-Vorflug (Einzelstreifen) wurden je vier Streifen mit jeweils um  $100^{\circ}$  verdrehter Flugrichtung geflogen.

Die Bildkoordinaten (Doppelmessung am Zeiss PSK 1) wurden vor den Bündelausgleichungen mittels Helmerttransformation auf die Rahmenmarken transformiert. Ferner wurden Korrekturen angebracht für atmosphärische Refraktion und Erdkrümmung, d.h. die Bildgeometrie wurde a priori verbessert.

### 3. Die verwendeten Parameteransätze in der Bündelausgleichung

In der vorliegenden Untersuchung werden als zusätzliche Parameter die nachstehenden Versionen behandelt.

#### 3.1. "Optisches Polynom"

Hierin sind unter Vernachlässigung von Gliedern höherer Ordnung Terme für die radial-symmetrische und Dezentrierungsverzeichnung /1/ (radial-asymmetrische und tangentielle Anteile) enthalten, die additiv in den Verbesserungsgleichungen angefügt werden:

$$dx_1 = x ( a_3 (r^2 - r_0^2) + a_4 (r^4 - r_0^4) ) + a_5 (r^2 - 2x^2) + a_6 2xy$$

$$dy_1 = y ( a_3 (r^2 - r_0^2) + a_4 (r^4 - r_0^4) ) + a_5 2xy + a_6 (r^2 - 2y^2)$$

$$\text{worin: } r^2 = x^2 + y^2 \quad ; \quad x, y = \text{Bildkoordinaten}$$

x = Flugrichtung

$$r_0 = \text{zweiter Nulldurchgang,}$$

$$\text{hier vorgegeben mit: } r_0 = 100 \text{ mm}$$

Durch die Einführung eines zweiten Nulldurchgangs werden algebraische Korrelationen  $R_{ik}$  zwischen den Koeffizienten  $a_3$  und  $a_4$  und dem Abbildungsmaßstab vermieden /19/.

3.2. Gemäß einem Vorschlag von Torlegård /18/ wird in die Verbesserungsgleichung für die y - Koordinate noch ein Affin- und Scherglied aufgenommen:

$$dx_2 = dx_1$$

$$dy_2 = a_1 x + a_2 y + dy_1$$

3.3. Es wird ein Ansatz von Brown /2/ verwendet, der auf 14 Glieder reduziert wurde. Terme mit äußerst starken Abhängigkeiten sind ausgesondert. Dies trifft nicht zu für die radial-symmetrischen Glieder, die untereinander stark korreliert sind.

Der Ansatz lautet (zur Bedeutung der Koeff. vgl. /2/) :

$$\begin{aligned}
dx_3 &= b_1 x + b_2 y + b_3 xy^2 \\
&+ \frac{x}{r} (b_5 xy + b_6 x^3 + b_7 x^2 y + b_8 xy^2 + b_9 y^3) \\
&+ x (b_{10}(r^2 - r_0^2) + b_{11}(r^4 - r_0^4) + b_{12}(r^6 - r_0^6)) \\
&+ b_{13}(r^2 - 2x^2) + b_{14} 2xy \\
dy_3 &= b_4 xy + \frac{y}{r} (b_5 xy + b_6 x^3 + b_7 x^2 y + b_8 xy^2 + b_9 y^3) \\
&+ y (b_{10}(r^2 - r_0^2) + b_{11}(r^4 - r_0^4) + b_{12}(r^6 - r_0^6)) \\
&+ b_{13} 2xy + b_{14}(r^2 - 2y^2)
\end{aligned}$$

#### 4. Ergebnisse

Um einen Vergleich zwischen der separaten Ausgleichung je Kammer und der Simultanausgleichung der Testfeldbefliegungen vornehmen zu können, wurden entsprechende Bündelausgleichungen gerechnet (vgl. Tab. 1). Außerdem wurden die Berechnungen einmal ohne die Beipunkte der Dreierpunktnerster (nur Zentralpunkt) und zum anderen mit Beipunkten durchgeführt. Dies bewirkt eine Anhebung der Vergleichs- bzw. Kontrollpunkte von 35 auf 118 bei fünf Voll-Paßpunkten (Eckbesetzung und Mitte), welche bei der vorgegebenen Befliegungskonstellation ausreichen /11/. Dadurch wird trotz der Anhebung der Unbekanntenzahl die Redundanz erheblich gesteigert und somit die Sicherheit für die Bestimmung der Zusatzparameter erhöht. Wie Ellenbeck /3/ und Hottier /4/ nachweisen konnten, trägt eine Redundanzvergrößerung zur Verbesserung der Genauigkeitsstruktur numerisch-photogrammetrischer Auswertungen bei.

Die mittleren Gewichtseinheitsfehler  $m_0$  bei den Simultankalibrierungen sind, verglichen mit den Einzelausgleichungen der WW- und ÜWW-Kammer, gemittelt (Tab. 1). Bei den mittleren quadratischen Restabweichungen der Höhe  $\mu_z$  (simultan) macht sich der positive Einfluß der ÜWW-Kammer, bei denen der Lage  $\mu_{xy}$  derjenige der WW-Kammer bemerkbar. Das im folgenden Behandelte bezieht sich auch auf die Simultanausgleichungen.

Die drei verschiedenen Parameteransätze wirken sich unterschiedlich auf die Koordinaten und Drehwinkel der Projektionszentren aus.

Die ansonsten obligatorischen Korrelationen  $R_{z_0 a_3}$  und  $R_{z_0 a_4}$  in der Größenordnung zwischen 0.80 bis 0.85 (Flughöhe mit den beiden Parametern für radial-symmetrische Verzeichnung) sind durch die Einführung eines zweiten Nulldurchgangs fast aufgehoben. Dies gilt für beide Kammern.

Tabelle 1

Bündeltriangulationen mit Zusatzparametern von Rheidt/Bonn  
Testfeldflügen mit Zeiss RMK 8,5/23 und 15/23, OEEPE 1969

5 Voll-Paßpunkte (Eckbesetzung und Mitte), 60 % Längs-  
überdeckung (Näheres siehe unter 2.)

Mittlere Fehler der Gewichtseinheit  $m_0$  in  $\mu\text{m}$ ,  
mittlere quadratische Restabweichungen  $\mu_{xy}$  (in der Lage)  
und  $\mu_z$  (in der Höhe) in mm

Ansatz und Flugstreifen- kombination	Anzahl der Bilder	Ohne Beipunkte					
		Mit Beipunkten					
		Anzahl der Unbek.	Redun- danz n-u	$m_0$	$\mu_{xy}$	$\mu_z$	
3.1. "Optisches Polynom"	15	ÜWW Vor- u. Nachflug	199 448	635 2066	6.1 6.0	38 36	43 44
		WW Vor- u. Nachflug	253 502	1111 3610	5.3 5.1	36 37	61 66
	39	ÜWW + WW Alle Streifen	347 596	1851 6030	5.7 5.5	31 32	48 47
3.2. nach Torlegård /18/	15	ÜWW Vor- u. Nachflug	201 450	633 2064	6.1 5.9	37 36	45 46
		WW Vor- u. Nachflug	255 504	1109 3608	3.8 3.9	20 22	66 71
	39	ÜWW + WW Alle Streifen	351 600	1847 6026	4.8 4.8	22 22	48 48
3.3. nach Brown/2/	15	ÜWW Vor- u. Nachflug	209 458	625 2056	5.8 5.6	37 34	27 32
		WW Vor- u. Nachflug	263 512	1101 3600	3.6 3.7	19 22	53 62
	39	ÜWW + WW Alle Streifen	367 616	1831 6010	4.6 4.6	20 21	32 35

Bei den Ansätzen 3.1. und 3.2. werden die Korrelationen  $R_{a_3 a_4}$  bei vergrößerter Redundanz ein wenig gesenkt (von im Mittel  $-0.92$  auf  $-0.82$ ). Wird wie im Ansatz 3.3. ein dritter Parameter für die radial-symmetrische Verzeichnung hinzuge-  
nommen, verstärken sich die Abhängigkeiten und der Rückgang wird schwächer (Tab. 2). Es bestehen noch recht starke Korrelationen zwischen einzelnen Termen und diesen und den Daten der äußeren Orientierung vornehmlich der Vollbilder.

Hinsichtlich der Korrelationen der Parameter für Dezentrierungsverzeichnung und den Daten der äußeren Orientierung, sowie der Auto- und Kreuzkorrelationen der Kontrollpunktkoordinaten und der mittleren Fehler sei auf /10/, /11/ verwiesen.

Wie das Histogramm (Abb. 1) zeigt, kann die durchschnittliche Punktverteilung für ein Vollbild als relativ günstig angesehen werden, obwohl für die engen und die sehr großen Radien eine größere Punktdichte wünschenswert wäre. Somit können die für die Bestimmung der Verzeichnungszusatzparameter maßgeblichen Bildpunkte als repräsentativ gelten. Innerhalb des photogrammetrischen Rauschens kann von einer recht guten Übereinstimmung zwischen den aus den Zusatzparametern gewonnenen, radial-symmetrischen Verzeichnungskurven und den Labordaten gesprochen werden (Abb. 2 und 3).

In den Abb. 2a und 3a sind die Laborkalibrierungswerte der radial-symmetrischen Verzeichnung für die beiden Reihenmeßkammerndargestellt. Die Werte sind dem Inspection slip der Fa. Carl Zeiss/Oberkochen entnommen. Es handelt sich um Mittelwerte der für die vier Diagonalenäste recht unterschiedlichen Verzeichnungsbeträge.

Die aus der Simultanberechnung hergeleitete radial-symmetrische und Dezentrierungs-Verzeichnung nach Ansatz 3.1. ist in Abb. 2b/3b bis 2d/3d gezeichnet. Hierin sind auch die unter 1. erwähnten Verbildungen enthalten. Die Ansätze 3.2. und 3.3. ergeben einen Verzeichnungsverlauf und eine Vektorenscharung für die Dezentrierungsverzeichnung gleichen Typs. Der Scheitel der Kurve wird bei 3.2. um  $1 \mu\text{m}$ , bei 3.3. um  $1.5 \mu\text{m}$  angehoben.

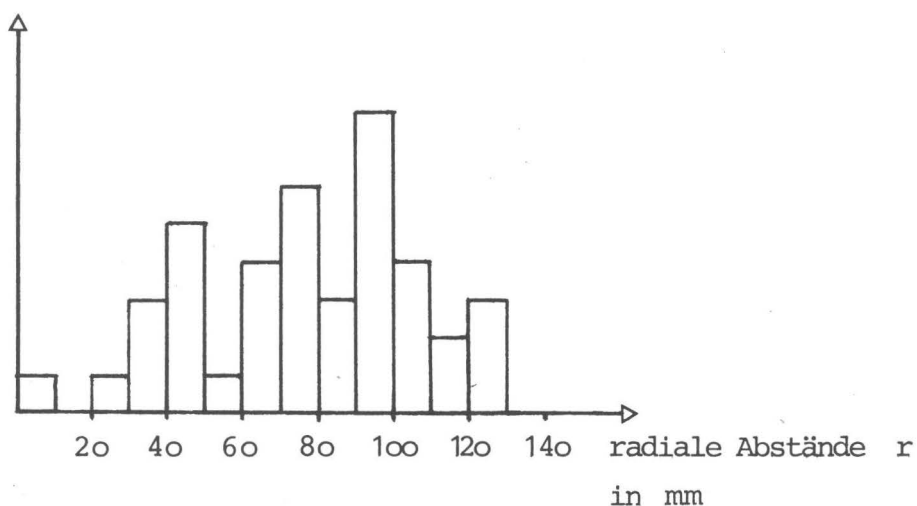


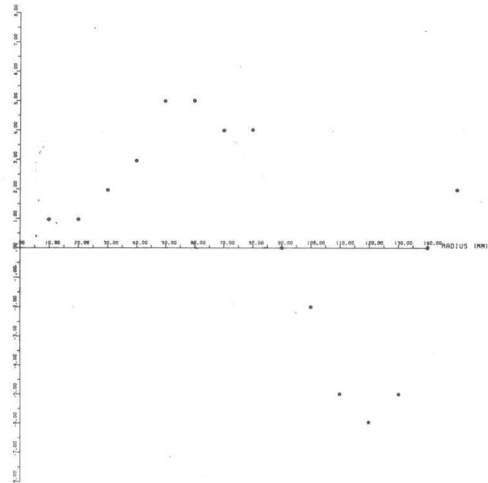
Abb. 1 Histogramm für die Punktverteilung im Vollbild

Tabelle 2

Korrelationskoeffizienten  $R_{ik}$  aus der Simultanausgleichung (vgl. Tab. 1) mit ÜWW- und WW-Kammer (39 Bilder) für Ansatz 3.3.

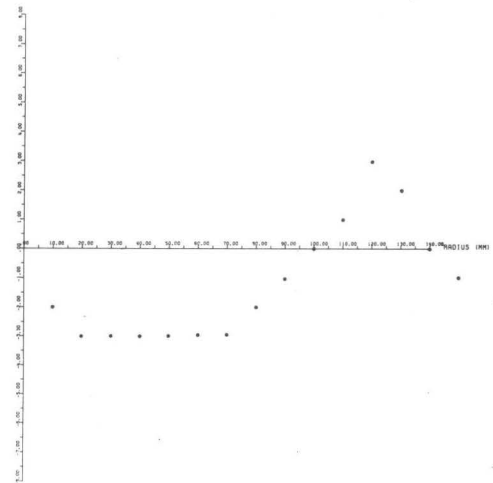
	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	$b_5$	$b_6$	$b_7$	$b_8$	$b_9$	$b_{10}$	$b_{11}$	$b_{12}$	$b_{13}$	$b_{14}$
$b_1$	100 100	-01 00	-47 -41	43 45	-03 01	00 -05	-03 -01	-01 -02	-05 -01	04 03	-01 00	01 00	02 01	01 03
$b_2$		100 100	01 00	01 02	-73 -74	01 -03	-01 01	01 -03	-01 01	00 00	00 01	00 -01	04 05	00 -02
$b_3$			100 100	32 37	01 -02	00 03	00 03	00 00	-01 -01	-02 00	-03 -10	00 06	-03 -01	-02 -09
$b_4$				100 100	-01 -01	01 01	-03 00	00 -03	-06 -05	03 05	-07 -11	03 07	00 03	00 -02
$b_5$					100 100	-02 -02	00 -05	-01 02	00 -05	00 04	00 -05	01 06	-03 -04	-01 02
$b_6$						100 100	00 04	78 73	00 00	-01 -05	03 06	-03 -08	-36 -36	01 01
$b_7$							100 100	04 02	81 77	00 13	00 -17	01 21	00 00	-34 -36
$b_8$								100 100	05 00	-04 -07	05 09	-06 -11	-39 -41	01 00
$b_9$									100 100	-01 11	01 -13	00 16	00 00	-32 -32
$b_{10}$										100 100	-95 -94	91 89	00 01	-01 -02
$b_{11}$											100 100	-98 -98	00 -02	02 03
$b_{12}$												100 100	00 02	-02 -04
$b_{13}$													100 100	-02 -04
$b_{14}$														100 100

RMK 8.5/23 NR. 111 10475 PLEISSON G. LABORALBRILUNG  
RADIAL-SYMMETRISCHE VERZEICHNUNG (MIKROMETER)

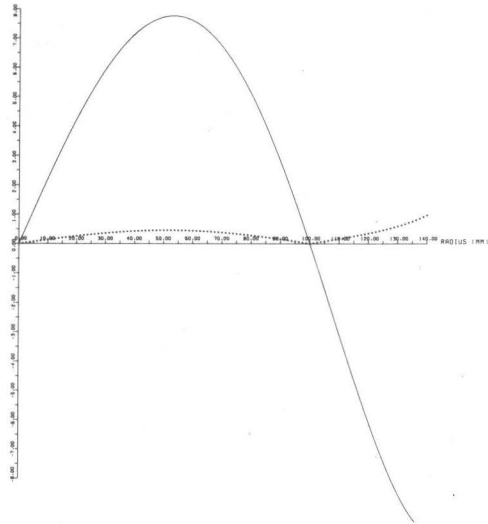


a

RMK 15/23 NR. 111 10475 PLEISSON G. LABORALBRILUNG  
RADIAL-SYMMETRISCHE VERZEICHNUNG (MIKROMETER)

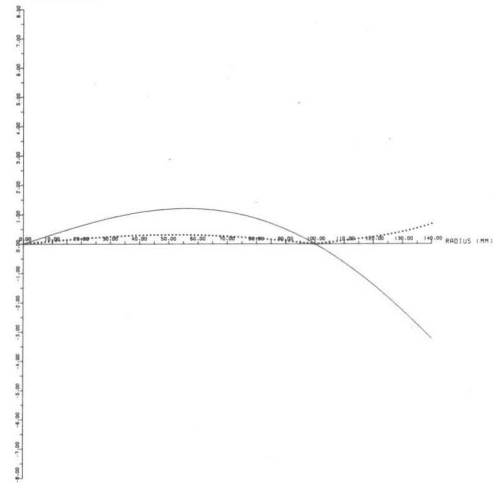


RMK 8.5/23. VOR/NACH 1-4185/1531. 39/124 (OPTY)  
RADIAL-SYMMETRISCHE VERZEICHNUNG (MIKROMETER)  
MITTLERER FEHLER PUNKTIERT

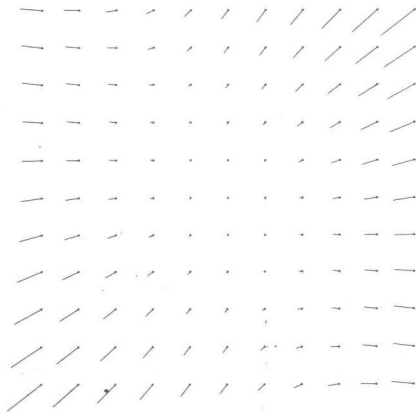


b

RMK 15/23. VOR/NACH 1-4185/1531. 39/124 (OPTY)  
RADIAL-SYMMETRISCHE VERZEICHNUNG (MIKROMETER)  
MITTLERER FEHLER PUNKTIERT

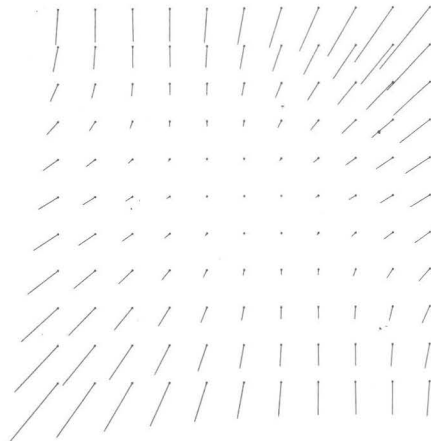


RMK 8.5/23. VOR/NACH 1-4185/1531. 39/124 (OPTY)  
RADIAL-ASYMMETRISCHE UND TANGENTIALE VERZEICHNUNG



c

RMK 15/23. VOR/NACH 1-4185/1531. 39/124 (OPTY)  
RADIAL-ASYMMETRISCHE UND TANGENTIALE VERZEICHNUNG



QUADRATISCHER MITTELWERT (MIKROMETER) 4.4  
LAENGENEINHEIT DES PUNKTFELDES 10 MILLIMETER  
LAENGENEINHEIT DER VEKTOREN 10 MIKROMETER

QUADRATISCHER MITTELWERT (MIKROMETER) 7.9  
LAENGENEINHEIT DES PUNKTFELDES 10 MILLIMETER  
LAENGENEINHEIT DER VEKTOREN 10 MIKROMETER

Abb. 2

Abb. 3

(Fortsetzung von Abb.2 u.3 nächste Seite)



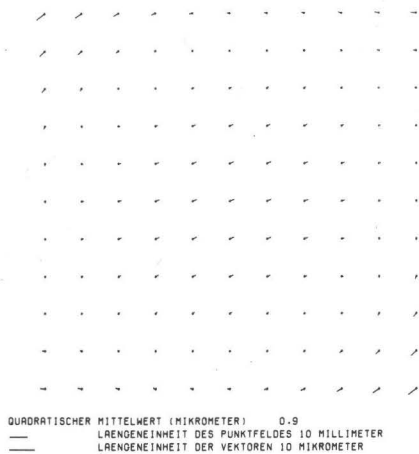


Abb. 2

(fortgesetzt)

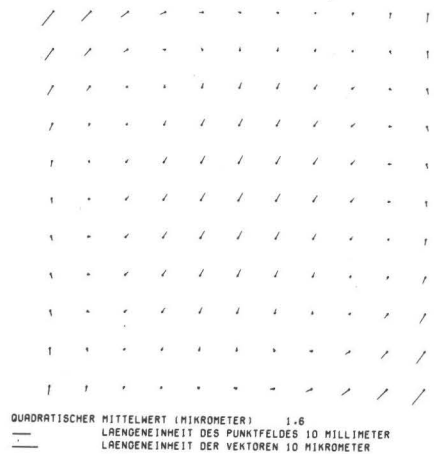


Abb. 3

Die mittleren Fehler werden bei höherer Redundanz kleiner. Die Abb. 2c und 3c zeigen die direkte Wirkung der Parameter, die noch Neigungen der Aufnahmekammer enthalten. Die Maximalwerte der Vektoren in den Ecken werden für die WW-Kammer durch Ansatz 3.2. um 10 %, durch Ansatz 3.3. um 15 % geringer. Bei der ÜWW-Kammer werden die Vektorbeträge nur durch Ansatz 3.3. um 20 % vergrößert.

Dieser Unterschied in den Vektorlängen, sowie das Anheben des Scheitels bei der radial-symmetrischen Verzeichnungskurve kann als der sichtbare Einfluß der übrigen zusätzlichen Parameter in Ansatz 3.2. und 3.3. angesehen werden, da die Ausgangsgrößen bei den Ausgleichungen gleich waren.

In Abb. 2d und 3d sind die Neigungen der Aufnahmekammer berücksichtigt (perspektive Reduktion), vgl. /19/.

## 5. Schluß

Durch weiteres Datenmaterial aus anderen Testfeldflügen müssen die Ergebnisse erhärtet werden, vor allem, wenn man den Trend im Verhalten einer Kammer nachweisen will. Dies gilt auch hinsichtlich der Stationarität systematischer Bildfehleranteile. Außerdem sind die Filmkassetten, als wesentliche Bestandteile des Systems, in die Untersuchungen einzubeziehen, sowie Filmsorten.

### Abstract:

*With the bundle block adjustment programm BOBUE of Bonn University it is possible to include different additional parameters in the adjustment process. Besides cameras with different camera constants can be treated in the same algorithm. The calculation of distortion parameters from OEEPE-flights of the testfield Rheidt/Bonn is presented for wide angle and super wide angle camera (Zeiss RMK 8,5/23 and 15/23).*

### Sommaire:

*Le programme de compensation en bloc par faisceaux BOBUE de l'université de Bonn permet l'introduction de différents paramètres supplémentaires dans le*

*procès de compensation. De plus chambres avec de constantes diverses se laissent employer dans le même algorithme. Le calcul des paramètres de distorsion concernant des OEEPE-vols du terrain D'essais Rheidt/Bonn est présenté pour une chambre grand-angulaire et supergrand-angulaire (Zeiss RMK 8,5/23 et 15/23)*

Literatur:

- /1/ *Brown, D.C.:* Decentering distortion of lenses. Phot.Eng.1966,S.444-462
- /2/ *Brown, D.C.:* The bundle adjustment-Progress and prospects. Invited Paper, Kom.III, XIII. Kongreß ISP, Helsinki 11.-23. Juli 1976
- /3/ *Ellenbeck, K.-H.:* Zur Verwendung von Punktgruppen in der numerischen Photogrammetrie. BuL 1977, S. 148-152
- /4/ *Hottier, P.:* Accuracy of close-range analytical restitutions. Phot.Eng. 1976, S. 345-375
- /5/ *Kilpelä, E.:* Intermediate report of WG III/3 if ISP. ISP Symposium, Kom. III, Moskau 31. Juli - 5. August 1978
- /6/ *Kupfer, G.:* Zur Geschichte des Instituts für Photogrammetrie und zum Tagungsthema "Systematische Bildfehler". DGK-Reihe B, H.226,München 77
- /7/ *Kupfer, G.:* Zur Geometrie des Luftbildes. DGK-Reihe C,H.170,München 1971
- /8/ *Kupfer, G.:* Partial calibration of photogrammetric systems including réseau cameras using a flat test area. Presented Paper, Kom.I, XIII. Kongreß ISP, Helsinki 11.-23. Juli 1976
- /9/ *Kupfer, G.:* Partial field calibration of two réseau systems over the Rheidt test area. Presented Paper, Kom.I,ISP Symp.,Tokio 29.-31.5.1978
- /10/*Kupfer, G. / Mauelshagen, L.:* Correlations and standard errors in bundle block adjustment with some emphasis on additional parameters. Presented Paper, Kom.III WGIII/3,ISP Kongreß, Hamburg 13.-25. Juli 1980
- /11/*Mauelshagen, L.:* Teilkalibrierung eines photogrammetrischen Systems mit variabler Paßpunktanordnung und unterschiedlichen deterministischen Ansätzen. DGK-Reihe C, Heft Nr. 236, München 1977
- /12/*Mauelshagen, L.:* Teilkalibrierung eines photogrammetrischen Systems unter Verwendung von Testfeldern. Presented Paper, Kom.III, XIII. Kongreß ISP, Helsinki 11.-23. Juli 1976
- /13/*Mauelshagen, L.:* "Rheidt" test field analysis. Proceedings-Workshop München 1./2. Juni 1977, Schriftenreihe HSBw, Heft 2, München 1978
- /14/*Meier, H.-K.:* Zum Verfahren der Selbstkalibrierung von O.Kölbl. Bul 1975
- /15/*Meier, H.-K.:* Über die geometrische Genauigkeit von Luftbildkammern. Vorträge der 35. Phot. Woche a.d.Uni Stuttgart(8.-13.9.75),Heft 2,1976
- /16/*Meier, H.-K.:* Über den Einfluß von Flugzeugabschlußgläsern auf die Verzerrung von Luftbildkammern. Festschrift Lehmann, Hannover 1972
- /17/*Meier, H.-K.:* The effects of environmental conditions on distortion, calibrated focal length and focus of aerial survey cameras. Presented Paper, Kom.I, ISP Symposium , Tokio 29.- 31. Mai 1978
- /18/*Torlegård, K.:* On the determination of interior Orientation of close-up cameras under operational conditions using three dimensional test-objects. Dissertation, Stockholm 1967
- /19/*Wester-Ebbinghaus, W.:* Photographisch-numerische Bestimmung der geometrischen Abbildungseigenschaften eines optischen Systems. Optik 55/9,1980
- /20/*Ziemann, H.:* Progress report of the working group on image geometry. ISP Symposium, Kom.I, Tokio 29.-31. Mai 1978
- /21/*Ziemann, H. / Merchant, D.C.:* The activities of the working group on image geometry between 1972 and 1980. Invited Paper, Kom.I WG I/2, ISP Kongreß, Hamburg 13.-25. Juli 1980