

14. KONGRESS DER INTERNATIONALEN GESELLSCHAFT
FÜR PHOTOGRAMMETRIE

HAMBURG 1980

KOMMISSION III
ARBEITSGRUPPE 4

PRESENTED PAPER

ERGEBNISSE EINER BÜNDELBLOCKAUSGLEICHUNG
OHNE ZUSÄTZLICHEN PARAMETER MIT
SIGNALISIERTEN UND KÜNSTLICHEN VERKNÜPFUNGSPUNKTEN

Z. PARSIC

INSTITUT FÜR GEODÄSIE UND PHOTOGRAMMETRIE
EIDGENÖSSISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE ZÜRICH

ERGEBNISSE EINER BÜNDELBLOCKAUSGLEICHUNG OHNE ZUSÄTZLICHEN PARAMETER MIT SIGNALISIERTEN UND KÜNSTLICHEN VERKNÜPFUNGSPUNKTEN

Z. Parsic

1. Einleitung

Das Ziel der empirischen Untersuchungen des Teilblocks Zürich ist festzustellen, wie sich die Genauigkeit einer Bündelblockausgleichung ohne zusätzlichen Parameter verhält, wenn man die Passpunktkoordinaten als zu verbessernde Beobachtungen mit unterschiedlichen Gewichten berücksichtigt. Es wird die bei der Bündelblockausgleichung erhaltene Genauigkeit für Stereo- und Monomessungen mit signalisierten und künstlichen*) Verknüpfungspunkten diskutiert.

In einer vorausgegangenen Veröffentlichung [2] wurde vom Verfasser die erzielte Genauigkeitssteigerung bei der Verwendung von künstlichen Verknüpfungspunkten vorgestellt, verglichen mit der Verwendung von signalisierten Verknüpfungspunkten.

Die folgenden Untersuchungen befassen sich neben weiteren Genauigkeitsbetrachtungen für Stereo- und Monomessungen mit signalisierten und künstlichen Verknüpfungspunkten auch mit der Frage des für die Messungen erforderlichen Zeitaufwandes.

2. Allgemeine Problemstellung

Um die Schwierigkeiten bei der Verwendung von natürlichen topographischen und signalisierten Verknüpfungspunkten zu beheben, werden in die Emulsion von Negativen oder Glasdiapositiven Markierungen angebracht in Form von gestochenen, geschlagenen, gebohrten oder gebrannten Punkten.

Bei signalisierten und topographischen Punkten wird die Auswahl von Punkten aus verschiedenen Gründen oft erschwert, wie z.B. mangelhafte Abbildungsqualität oder Abweichungen von der vorgesehenen Lage im Bild auf Grund von Navigationseinflüssen. Künstliche Verknüpfungspunkte sind eindeutig, einwandfrei einstellbar und unverwechselbar; sie haben immer die gleiche Form und Grösse im Gegensatz zu topographischen Punkten.

Die Uebertragungsgenauigkeit und die entsprechende Messung hängt einerseits vom stereoskopischen Sehvermögen und der Erfahrung des Operateurs, andererseits von der Bildqualität und dem benützten Punktübertragungsgerät ab.

3. Das Untersuchungsmaterial

Für eine praktische Untersuchung wurde ein Teil des Blockes Zürich - Teilblock Oberschwaben der OEEPE ausgewählt.

Der untersuchte Block umfasst einen annähernd quadratischen Abschnitt und besteht aus 4 Streifen mit 10 Bildern. Die Grösse dieses Teilblockes beträgt $20 \times 22 \text{ km}^2$ (siehe Abb. 1).

*) Künstliche Verknüpfungspunkte sind mit einem Punktübertragungsgerät in der Emulsion markierte Punkte an Negativen oder Glasdiapositiven.

Die Aufnahmedaten sind folgende: Weitwinkelkammer RMK A Zeiss, Kammerkonstante $c = 153 \text{ mm}$, Bildmasstab 1:28 000, Ueberdeckungsverhältnisse 60 % Längs- und 20 % Querüberdeckung, Auswertematerial Diapositivplatten.

Die Pass- und Kontrollpunkte sowie sämtliche Verknüpfungspunkte wurden signalisiert. Die erstgenannten können als Passpunkte oder Kontrollpasspunkte für die Berechnung der Absolutgenauigkeit verwendet werden. Aus Sicherheitsgründen wurde jeder Verknüpfungspunkt mit 2 Scheiben im Abstand von rund 30 m (entspricht ca. 1 mm im Bildmasstab) luftsichtbar gemacht.

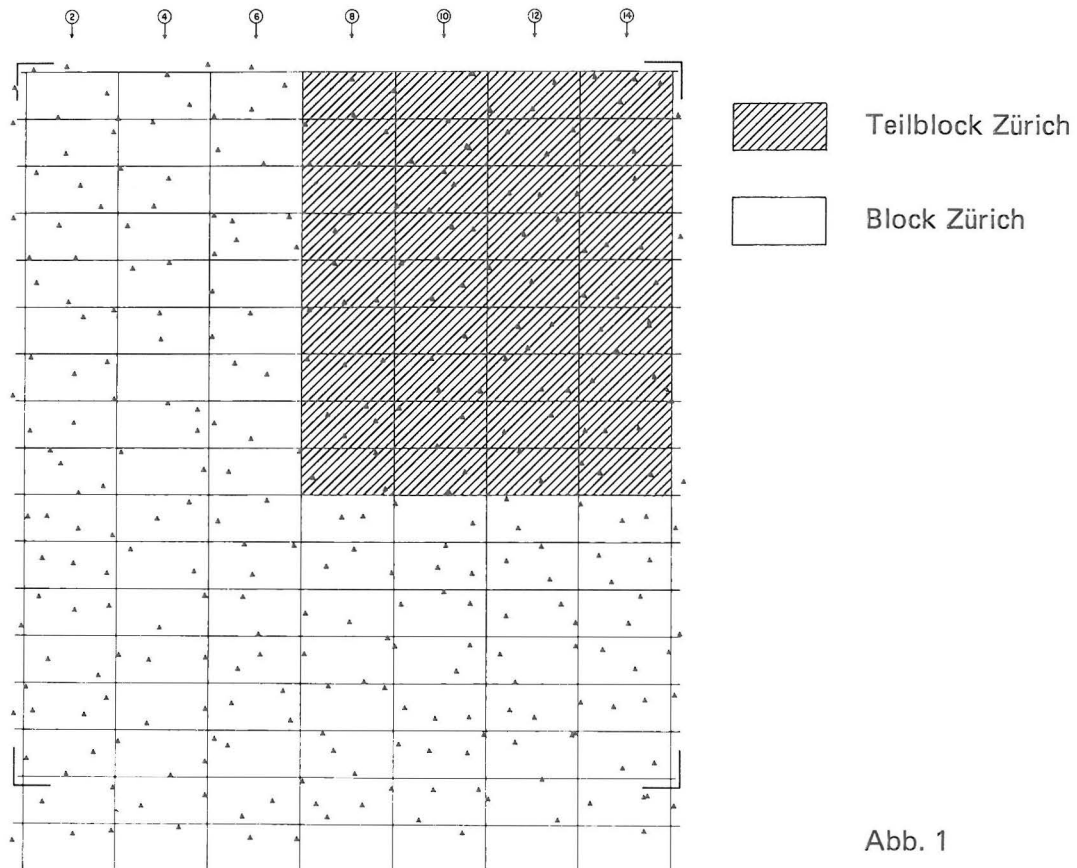


Abb. 1

4. Vorbereitung und Markierung mit Punktübertragungsgerät PUG 4 Wild

Alle 36 Modelle für die Stereomessungen und nachträglich 40 Bilder für die Monomessungen wurden am PUG 4 der Firma Wild vom Verfasser in Heerbrugg vorbereitet. Die Bildkoordinaten wurden als Stereo- und Monomessungen am Stereokomparator Wild STK 1 ausgeführt. Der wichtigste Teil der Vorbereitung für die Aerotriangulation besteht in der Auswahl und Identifizierung der Lage von künstlichen Punkten im Bild.

Die Anordnung und Anzahl der stereoskopisch markierten künstlichen Punkte für die Stereo- und Monomessungen ist aus Abb. 2 ersichtlich.

Der Abstand zwischen künstlich markierten Punkten betrug rund 1 - 2 mm im Bildmassstab.

Die Einstelldaten vor der Markierung am PUG 4 sind folgende

- Betrachtungsvergrößerung 15 x
- Grösse der Messmarke 30 μ
- Stichel 60 μ

Das Verhältnis zwischen Messmarke des Stereokomparators und künstlichem Punkt liegt bei 1:3. Dieses Verhältnis ist ungünstig für die Stereo- und Monomessungen. Die Grösse der künstlichen Punkte von 60 μ m wurde gewählt, weil das Untersuchungsmaterial für die Auswertung am Analoggerät |2| A 10 Wild vorbereitet wurde, wo die Grösse der Messmarken 40 μ m beträgt. Für die Messungen soll der künstliche Punkt nicht kleiner, aber auch nicht grösser als der doppelte Durchmesser der Messmarke des Auswertegerätes sein.

Der durchschnittliche Zeitaufwand für die Vorbereitung und Markierung von künstlichen Punkten für die Stereoauswertung betrug 15 Minuten pro Modell. Die Aufnahmen erhalten meistens 3 x 2 künstliche Verknüpfungspunkte in der Hauptvertikalen (quer zur Flugrichtung (siehe Abb. 2) und 6 x 2 entsprechende Punkte für die Modelle.

Um die Monomessungen durchführen zu können, müssen die schon markierten künstlichen Punkte für Stereoauswertung zwischen den Bildern und Streifen übertragen werden. Der Zeitaufwand betrug pro Modell durchschnittlich 18 Min, was wirtschaftlich sehr günstig ist im Vergleich mit der Zeit, die in |1| angegeben wurde. Die Bilder erhalten im Vergleich zum Modell 6 x 3 (siehe Abb. 2) künstliche Verknüpfungspunkte.

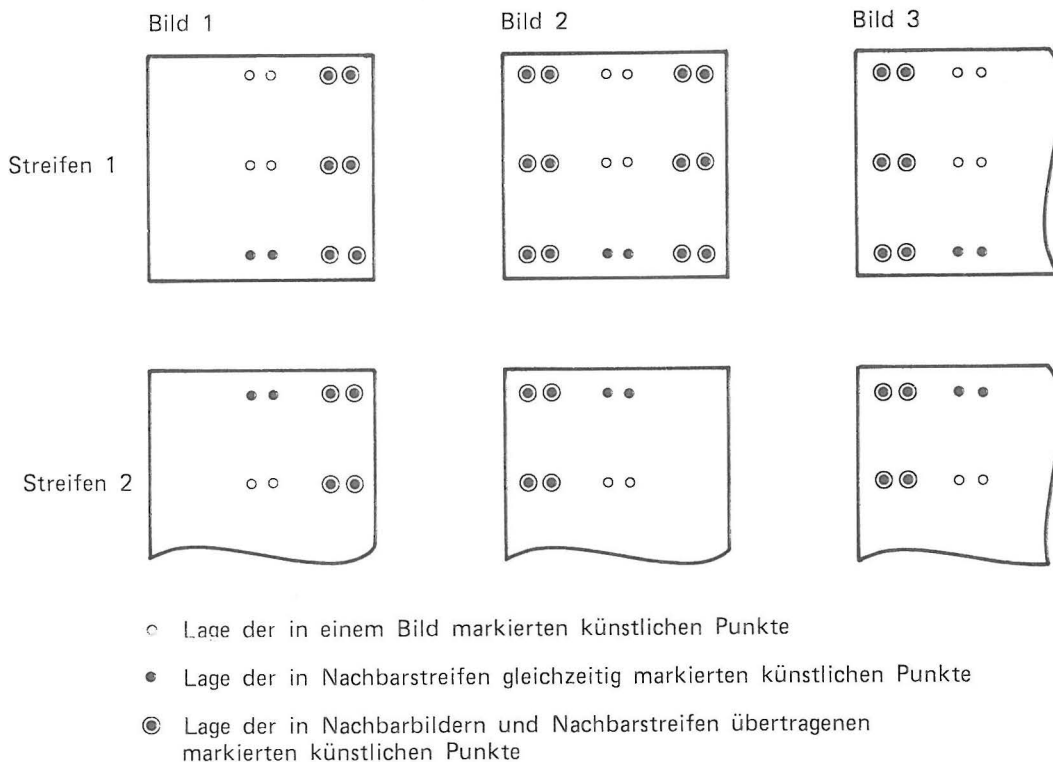


Abb. 2

5. Koordinatenmessungen am Komparator STK 1

Die 50 Glasdiapositive der Luftbilder wurden am WILD Stereokomparator STK 1 stereo und mono (mit binokularer Betrachtung) am Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH Zürich gemessen.

Für das Einlegen der Bildpaare für Stereomessungen und Bilder für die Monomessungen in den Komparator und das Messen aller Bildpunkte und der Rahmenmarken benötigte der Operateur folgende Zeiten (Tabelle 1):

Messart	Anzahl Modelle Bilder	Anzahl Punkte Mod./Bild	Anzahl Punkte Total	Total Zeit Std.	Zeit pro Mod./Bild Min.
Stereo	36	~ 28 ¹⁾	1070	32	53
Mono	40	~ 43 ¹⁾	1628	48	72

¹⁾ ohne Rahmenmarken

Tabelle 1 Angaben über den Zeitaufwand

Alle Messungen für trigonometrische Punkte, signalisierte und künstliche Uebertragungspunkte und die 4 Rahmenmarken pro Modell und Bild erfolgten doppelt, und zwar nicht unmittelbar nacheinander, sondern in einem zweiten Durchgang. Die durchschnittliche Zeit pro Modell für Stereomessungen betrug 53 Min. und für die Monomessungen 72 Min. pro Bild. Die angegebene Zeit für Stereo- und Monomessungen (siehe Tabelle 1) erscheint günstig.

6. Transformation von Komparatorkoordinaten

Die mit dem Komparator gemessenen Bildpunkte wurden (mit einer Aehnlichkeits-transformation) in das Bildkoordinatensystem umgerechnet. Bei der Reduktion der Bildkoordinaten auf den Bildhauptpunkt wurde die Verzeichnung des Objektives und Refraktion im Rahmenmarkensystem korrigiert. In Tabelle 2 sind die mittleren Punktfehler in μm aus Doppelmessungen über alle Modelle in einem Streifen und im gesamten Block für jede Messart und jede Punktart getrennt angegeben. Die Berechnung der mittleren Punktfehler über alle Modelle des Blockes ergibt sich darum aus:

$$M_p = \pm \sqrt{\frac{m_{p_{xy}} \cdot m_{p_{xy}}}{n}} \quad \mu\text{m}$$

mit n = Anzahl der Streifen und $m_{p_{xy}}$ = mittlerer Punktfehler in den Streifen.

Streifen Nr.	Stereomessungen		Monomessungen	
	Signalisierte Punkte	Künstliche Punkte	Signalisierte Punkte	Künstliche Punkte
	in μm			
8	2.5	3.7	2.5	2.5
10	2.4	3.7	2.5	1.9
12	2.4	3.6	2.2	2.1
14	2.5	3.5	2.0	1.9
Mp	2.4	3.6	2.3	2.1

Tabelle 2 Mittlere Punktfehler in μm aus Doppelmessungen über alle Modelle

Aus den Daten von Tabelle 2 lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

a) Signalisierte Punkte

Der mittlere Punktfehler zwischen Stereo- und Monomessungen unterscheidet sich sehr wenig. Eine Aussage über eventuell systematisch unterschiedliche Verhalten der Messarten lässt sich aus der Tabelle nicht ablesen.

b) Künstliche Punkte

Die grössten mittleren Punktfehler liegen bei den Stereomessungen, weil die künstlichen Punkte nur in einem Bild markiert sind. Bei der Messung muss man die Parallaxe erst in unmittelbarer Nähe des markierten Punktes wegstellen. Nach Wegstellen der Parallaxe wird die Messmarke zum markierten künstlichen Punkt geführt und registriert.

7. Blockausgleichung

Die Berechnungen der Aerotriangulation wurden mit dem modifizierten Programm |3| nach der Bündelmethode an der CDC Rechenanlage des Rechenzentrums der ETH Zürich im Institut für Geodäsie und Photogrammetrie durchgeführt.

7.1 Durchgeführte Berechnungen

Es wurden verschiedene Blockausgleichungen für die Genauigkeitsuntersuchungen (siehe Tabelle 3) mit signalisierten und künstlichen Verknüpfungspunkten von Stereo- und Monomessungen berechnet.

Alle Bildkoordinaten wurden wegen der Objektivverzeichnung und Refraktion korrigiert.

Die Pass- und Kontrollpunktkoordinaten, die in Gauss-Krüger-Projektion (bzw. UTM-Projektion) gegeben sind, wurden in ein rechtwinklig ebenes Blockkoordinatensystem umgerechnet.

Die Bildkoordinaten wurden als gleich genau und unkorreliert angenommen und haben das Gewicht 1. Die Passpunktkoordinaten wurden als zu verbessernde Beobachtungen nach Schmid [4] mit unterschiedlichen Gewichten berücksichtigt (siehe Tabelle 3). Alle Passpunkte mit Gewicht Null nehmen an der Ausgleichung nicht teil. Sie werden als Kontroll-Vergleichspunkte behandelt und erhalten Verbesserungen.

Bei Genauigkeitsuntersuchungen ist der quadratische Mittelwert μ_{xy} bei geeigneter Kontrollpunktverteilung innerhalb des Blockes ein signifikantes Mass für die erzielte Genauigkeit im Block (siehe Tabelle 5).

Versuch	Anzahl Passpunkte		Genauigkeit der Passpunkte in Meter		Gewichte		
	Lage	Höhe	Lage	Höhe	Bild. Koord.	Pass.Pt.	Kontroll Pt.
1	103	88	0.01	0.01	1	6.25 E-08	Null
2	2	3					
3 ¹⁾	16	26	0.10	0.10		6.25 E-10	
4 ¹⁾					5 Ketten		

¹⁾ Version 3. u. 4: Lage $i = 2b$, Höhe $i = 2b$

Tabelle 3 Durchgeführte Berechnungen für Stereo- und Monomessungen mit signalisierten und künstlichen Verknüpfungspunkten

Die Gewichte für die Passpunkte entsprechen einer Lage- und Höhengenaugkeit für die Versuche 1, 2 und 3

± 0.01 m (6.25 E-08) und für den Versuch 4 ± 0.10 m (6.25 E-10).

Einer einzelnen Beobachtung " ℓ " wird das Gewicht aus dem mittleren Fehler dieser Beobachtung m_ℓ zugeordnet:

$$p_\ell = \frac{K}{m_\ell^2}$$

K = Quadrat des mittleren Punktfehlers aus Doppelmessungen

m_ℓ = mittlere Lage- und Höhengenaugkeit der Passpunkte

Das Quadrat des mittleren Punktfehlers aus Doppelmessung wurde für beide Messarten und beide Arten von Verknüpfungspunkten mit $(2,5)^2 \mu\text{m}^2$ angenommen.

7.2 Ergebnisse der Blockausgleichung

Zur Beurteilung der erreichten Genauigkeit im Bildraum für die signalisierten und künstlichen Verknüpfungspunkte wurden in Tabelle 5 die wichtigsten statistischen Ergebnisse dargestellt.

Versuch	Gewicht an der Pass- punkte	Stereomessungen		Monomessungen	
		Signalisierte Punkte	Künstliche Punkte	Signalisierte Punkte	Künstliche Punkte
		σ_0 in μm			
1		4.6	6.0	4.2	7.0
2	6.25 E-08	2.6	4.4	2.8	6.4
3		3.5	5.4	3.3	6.8
4	6.25 E-10	2.9	4.7	3.0	6.5

Tabelle 4 Mittlere Gewichtseinheitsfehler σ_0 im Bildraum

7.2.1 Fehlerrechnung im Bildraum

a) Signalisierte Punkte

Bei der Benützung aller 103 Lage PP und 88 Höhe PP (Versuch 1), die über das Gebiet etwa gleichmässig verteilt sind (siehe Abb. 1), ergab sich nach der Blockausgleichung $\sigma_0 = 4.6 \mu\text{m}$ für die Stereo- und $4.2 \mu\text{m}$ für die Monomessungen mit signalisierten Verknüpfungspunkten. Hier werden alle terrestrischen Punkte als Fixpunkte eingeführt, wodurch auf den Block ein Höchstmass an Zwang ausgeübt wird. Der grosse Unterschied zwischen den mittlerem Gewichtseinheitsfehler $\sigma_0 = 4.6 \mu\text{m}$ und $4.2 \mu\text{m}$ und dem mittleren Punktfehler aus Doppelmessungen $M_p = \pm 2.4 \mu\text{m}$ (siehe Tabelle 2) wird verursacht durch den Zwang von terrestrischen Passpunkten und dem systematischen Fehler im Bildmaterial.

Bei Passpunktmindestbesetzung Versuch 2 (Tabelle 4) wird kein Zwang durch die Passpunktkoordinaten ausgeübt, so dass sich die Ausgleichung nur auf die aus dem photogrammetrischen System resultierende Ueberbestimmung erstreckt ($\sigma_0 = 2,6 \mu\text{m}$). Aus der Tabelle 4 (Versuch 3 und 4) bei 16 Lagepasspunkten mit 2 Basislängen Abstand am Blockrand, liefert die strenge Bündelausgleichung ein $\sigma_0 = 3,5 \mu\text{m}$ und $2,9 \mu\text{m}$ für die Stereomessungen mit signalisierten Punkten und veranschaulicht, dass σ_0 deutlich zurückgeht. Die Werte für σ_0 weisen eine deutliche Abhängigkeit von Anzahl Passpunkten, Passpunktverteilung und unterschiedlichen Gewichten für die Passpunkte (siehe Versuch 3 u. 4: Tabelle 4) auf. Laut der Theorie sollte der Wert für σ_0 unabhängig von terrestrischen Punkten sowie unabhängig von der Passpunktverteilung sein. Dies ist ein deutlicher Hinweis auf systematische Fehler im Block.

b) Künstliche Punkte

Nach der Ausgleichung stand der grosse Wert Sigmanull von $6.0 \mu\text{m}$ und $7.0 \mu\text{m}$ (Versuch 1) entgegen dem mittleren Messfehler M_p von $3,6 \mu\text{m}$ und $2.6 \mu\text{m}$ für

Stereo- und Monomessungen. Die Ursache der Erhöhung von σ_0 liegt in erster Linie in den Uebertragungsfehlern von künstlichen Punkten für Monomessungen und der Art der Stereomessungen (siehe Kap. 6).

7.3 Absolutgenauigkeit für Lage und Höhe

Schliesslich soll noch auf die Ergebnisse der Blockausgleichung für die Versuche 3 und 4 für die beiden Arten von Messungen und Verknüpfungspunkten eingegangen werden. Die wichtigsten statistischen Daten sind in der Tabelle 5 aufgeführt.

Aus der Tabelle 5 ist sofort ersichtlich, dass die quadratischen Mittelwerte μ_{xy} nicht mit den erreichten mittleren Gewichtseinheitsfehlern σ_0 zusammenpassen. Diese Erscheinung resultiert vor allem von verbleibenden systematischen Abweichungen des physikalischen Aufnahmevorgangs vom Ausgleichungsmodell.

7.3.1 Signalisierte Verknüpfungspunkte

Vergleicht man die prozentualen Fehleranteile in bezug auf verschiedene Arten der Messverfahren, die in Tabelle 6 zusammengestellt sind, so sieht man, dass sich bei Versuch 3 der mittlere quadratische Fehler für die Lagepasspunkte um 23 % und für die Höhenpasspunkte um 15 % unterscheidet und eine eindeutige Genauigkeitssteigerung zugunsten der Monomessungen bringt.

7.3.2 Künstliche Verknüpfungspunkte

Die künstlichen Verknüpfungspunkte bringen eine Lagegenauigkeitssteigerung um 20 % (Tabelle 6) für die Monomessungen, aber für die Höhengenaugigkeit sind keine signifikanten Genauigkeitsunterschiede zwischen Stereo- und Monomessungen festzustellen.

8. Beurteilung der Ergebnisse

In bezug auf die Absolutgenauigkeit bei den Monomessungen für die beiden Arten von Verknüpfungspunkten zeigt sich eine signifikante Genauigkeitssteigerung gegenüber den Stereomessungen. Dies hängt wahrscheinlich von dem unterschiedlichen Messverfahren ab. Bei den Stereomessungen mussten die Bildkoordinaten für das gesamte Bild in beiden Bildhälften jeweils aufeinander transformiert werden, während bei den Monomessungen (mit binokularer Betrachtung) die Bildkoordinaten für das gesamte Bild in einem Zug gemessen wurden. Es ist möglich, dass dadurch gewisse systematische Effekte entstehen, die das Ergebnis verfälschen.

Die schlechte Absolutgenauigkeit zwischen signalisierten und künstlichen Verknüpfungspunkten (Versuch 3) Tabelle 6 bei den Stereo- und Monomessungen könnte durch Uebertragungsfehler der künstlichen Verknüpfungspunkte für die Durchführung der Monomessungen begründet werden, ebenso der relativ grosse mittlere Punktfehler (siehe Tabelle 2) bei den Stereomessungen, wo die künstlichen Punkte nur in einem Bild markiert wurden.

Versuch	Art von Messungen	Art der Verknüpfungspunkte	Gewicht	σ_0 μm	μ_x cm μm	μ_y cm μm	μ_{xy} cm μm	μ_z cm μm	H in ‰ hg
3	Stereo	signalisierte	(6.25 E - 08)	3.5	16.3 5.8	19.7 7.0	18.0 6.4	39.0 13.9	0.09
	Mono			3.3	13.1 4.7	14.3 5.1	13.7 4.9	32.9 11.8	0.08
	Stereo	künstliche		5.4	18.2 6.5	28.0 10.0	23.6 3.4	40.8 14.3	0.09
	Mono			6.8	15.9 5.7	21.2 7.6	18.8 6.7	40.0 14.3	0.09
4	Stereo	signalisierte	(6.25 E - 10)	2.9	17.5 6.3	23.0 8.2	20.5 7.3	35.6 12.7	0.08
	Mono			3.0	12.6 4.5	15.8 5.6	14.2 5.1	31.7 11.3	0.07
	Stereo	künstliche		4.7	22.0 7.9	32.6 11.6	27.8 9.9	35.3 12.6	0.08
	Mono			6.5	18.1 6.5	22.2 7.9	20.3 7.2	39.3 14.0	0.09

σ_0 = mittlerer Gewichtseinheitsfehler

μ_x, μ_y, μ_z = quadratische Mittelwerte der Restfehler an den Vergleichspunkten,

$$\mu_{xy} = \sqrt{(\mu_x^2 + \mu_y^2) / 2}$$

Tabelle 5 Lage- und Höhengenaugkeit nach Blockausgleichung mit Bündelmethode, Basis Abstand $2b = 5$ km, (16 Lage- und 26 Höhenpasspunkte)

Bemerkenswert ist ein Vergleich zwischen den Ergebnissen der Methode der unabhängigen Modelle und denen der Bündelmethode. Bei den Versuchen Oberschwaben OEEPE haben sich die Ergebnisse der Bündelmethode schlechter ergeben als die Ergebnisse mit unabhängigen Modellen [5], s. 265, Tabelle 265.1. Diese Aussage gilt nun nicht mehr. Die Ergebnisse der Bündelmethode (Tabelle 5), verglichen mit Ergebnissen in [5], s. 265, Tabelle 265.2 mit signalisierten Verknüpfungspunkten sind für die Lagegenauigkeit im Durchschnitt um etwa 30 % und mit künstlichen Verknüpfungspunkten um 10 % genauer.

Schlussfolgerung

Mit den vorliegenden Ergebnissen sind Erfahrungen gewonnen worden über den Einsatz von künstlichen Punkten und dem Punktübertragungsgerät WILD PUG 4 für unterschiedliche Messverfahren bei der Blocktriangulation mit der Bündelmethode.

Art von Messungen	Art der Verknüpfungspunkte	Versuch 3						Versuch 4					
		Mittlerer Fehler an den Passpunkten											
		$m_x = 0.01 \text{ m}$						$m_x = 0.10 \text{ m}$					
		σ_o	Δ	μ_{xy}	Δ	H in	Δ	σ_o	Δ	μ_{xy}	Δ	H in	Δ
μm	%	μm	%	% hg	%	μm	%	μm	%	% hg	%		
Stereo	Signalisierte	3.5	100	6.4	100	0.09	100	2.9	100	6.3	100	0.08	100
Mono		3.3	94	4.9	77	0.08	89	3.0	103	5.1	81	0.07	88
Stereo	Künstliche	5.4	100	8.4	100	0.09	100	4.7	100	9.9	100	0.08	100
Mono		6.8	126	6.7	80	0.09	100	6.5	138	7.2	73	0.09	113
Stereo	Signalisierte	3.5	100	6.4	100	0.09	100	2.9	100	6.3	100	0.08	100
	Künstliche	5.4	154	8.4	131	0.09	100	4.7	162	9.9	157	0.08	100
Mono	Signalisierte	3.3	100	4.9	100	0.08	100	3.0	100	5.1	100	0.07	100
	Künstliche	6.8	206	6.7	137	0.09	113	6.5	217	7.2	141	0.09	130

Δ in % = Differenzen zwischen Stereo- und Monomessungen für die signalisierten und künstlichen Verknüpfungspunkte

Tabelle 6 Lage- und Höhengenaugigkeit nach Blockausgleichung mit Bündelmethode und prozentuale Fehleranteile in bezug auf die verschiedene Art der Verknüpfungspunkte und der Messungen

Die erzielte Absolutgenauigkeit μ_{xy} für Mono- und Stereomessungen mit künstlichen Verknüpfungspunkten beträgt $6.7 \mu\text{m}$ und $8.4 \mu\text{m}$ im Bildmassstab. Die Höhengenaugigkeit für beide Messverfahren beträgt 0.09% der Flughöhe über Grund. Vorausgesetzt ist natürlich ein erfahrener Operateur und Funktionsfähigkeit des Punktübertragungsgerätes sowie einwandfreie Markierung.

In der Praxis sollten insbesondere die Gesichtspunkte der Wirtschaftlichkeit und der erzielten Genauigkeit mit signalisierten und künstlichen Verknüpfungspunkten genau gegeneinander abgewogen werden.

Conclusions:

With the presented results some experience have been gained concerning the application of artificial passpoints and the use of the point-transfer-instrument Wild PUG 4 with respect to block triangulation with the bundle method, based on different measuring procedures.

The resulting absolute accuracy μ_{xy} for mono- and stereo measurements with artificial passpoints (at scale of the photography) amounts to $6.7 \mu\text{m}$ and $8.4 \mu\text{m}$ respectively. For both measuring procedures the accuracy in elevation

is 0.09 % of the flying height above ground. Obviously it is assumed that an experienced operator has been employed, and that the point-transfer-instrument operates functionally and the passpoints are well signalized.

In praxis particularly considerations are important concerning the economy aspect when using signalized versus artificial passpoints compared to the accuracy obtainable.

Conclusion

Les résultats présentés ont permis de réunir des observations sur l'utilisation de points artificiels et sur l'emploi de l'appareil pour le transfert de points WILD PUG 4 pour différents procédés de mesure, lors de la triangulation par bloc selon la méthode des faisceaux.

La précision absolue μ_{xy} obtenue avec les mesures monoscopiques et stéréoscopiques à l'aide de points de rattachement artificiels correspond à 6.7 μm et 8.4 μm dans le plan des clichés. Pour les deux procédés, la précision de l'altitude correspond à 0.09 % de la hauteur de vol au-dessus du sol. On suppose naturellement une grande expérience de la part de l'opérateur, un fonctionnement impeccable de l'appareil pour le transfert de points ainsi qu'un marquage irréprochable.

En pratique, on devra en particulier mettre en balance les points de vue économiques avec la précision obtenue à l'aide des points de rattachement signalisés et artificiels.

Literatur

- |1| Albertz, J., Kreiling, W., Wiesel, J.: Weitere Untersuchungen zur Blocktriangulation ohne Punktübertragung. Presented Paper Comm. III, ISP, Helsinki 1976
- |2| Parsic, Z.: Untersuchungen über den Einfluss signalisierter und künstlicher Verknüpfungspunkte auf die Genauigkeit einer Blocktriangulation. VPK 10, 1978
- |3| Schenk, T.: Fortran-Programme zur analytischen Blockausgleichung nach der Bündelmethode. Institut für Geodäsie und Photogrammetrie ETHZ Computerprogramme Nr. 2, Dezember 1972
- |4| Schmid, H.H.: Eine allgemeine analytische Lösung für die Aufgabe der Photogrammetrie. BUL, 1958
- |5| Schwidefsky, K., Ackermann, F.: Photogrammetrie, 7. Auflage 1976