

# Direkte Sensororientierung - Probleme und Lösungen

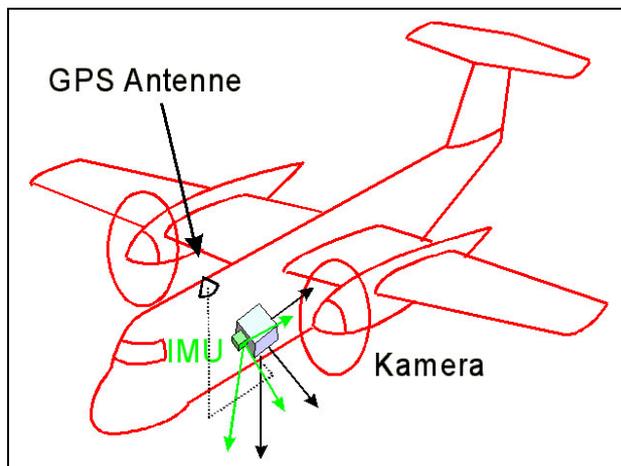
## Karsten Jacobsen<sup>1</sup> & Helge Wegmann<sup>2</sup>

*Abstract: Die Bestimmung der äußeren Orientierung durch die Kombination Inertialer Messeinheiten (IMU) mit relativer kinematischer GPS-Positionierung hat ein Genauigkeitsniveau für die photogrammetrische Objektpunktbestimmung im Dezimeterbereich erreicht. Um dieses Genauigkeitspotential voll nutzen zu können, müssen viele Einzelkomponenten berücksichtigt werden, die bislang meist nicht berücksichtigt wurden. Hierzu zählen die innere Orientierung, speziell die Kammerkonstante, die nicht einfach vom Kalibrierungsprotokoll übernommen werden kann, die Kartennetzabbildung und die Verebnung der Erdoberfläche. Glücklicherweise werden viele Einflussgrößen durch die Bestimmung des Misalignments zwischen der Kamera und der IMU kompensiert, Voraussetzung ist allerdings, dass die Bildflüge sowohl im Maßstabsbereich als auch in der Lage mit dem Kalibrierungsgebiet zur Bestimmung des Misalignments übereinstimmen müssen. Ist dieses nicht der Fall, müssen alle Einzelkomponenten genau berücksichtigt werden. Die Systemkalibrierung und die damit erreichbare Genauigkeit wird mittels einiger Testdatensätze dargestellt.*

## 1. Einführung

Die direkte Sensororientierung durch Kombination relativer kinematischer GPS-Positionierung mit inertialen Messeinheiten (IMU) gewinnt zunehmend an Bedeutung. Flugzeug getragene Mehrfachzeilenscanner und Laserscanner sind auf die direkte Sensororientierung angewiesen, aber auch für die Orientierung normaler Luftbilder wird sie zunehmend eingesetzt. Im weiteren wird der Einsatz der IMU für die Orientierung von Luftbildern behandelt.

Von grundlegender Bedeutung ist die geometrische Beziehung zwischen der IMU und der Luftbildkamera. Die Translation stellt kein Problem dar, wohl aber die Winkelbeziehung (siehe Abb. 1). Wegen nicht auszuschließender zeitlicher Änderungen scheidet eine Laborkalibrierung



aus, es ist eine Testfeldkalibrierung unter dem Bildflug vergleichbaren Bedingungen mit nicht zu großem zeitlichen Abstand durchzuführen.

Abb. 1: Geometrische Beziehung Kamera, IMU und GPS-Antenne

Prinzipiell stellt die Auswertung photogrammetrischer Modelle, basierend auf direkter Sensororientierung, eine

Extrapolation dar. Damit können sich auch kleine Fehler, die bei der auf Passpunkten basierenden Modellauswertung durch die Elemente der äußeren Orientierung kompensiert werden können, negativ auswirken. Ein Beispiel hierfür stellt die Kammerkonstante dar, die bei herkömmlicher photogrammetrischer Auswertung mit der Flughöhe extrem korreliert ist und sich damit praktisch nicht als Fehlerquelle bemerkbar macht. Die Kammerkonstante wird normalerweise im Labor bestimmt und bis zur nächsten Überprüfung beibehalten obwohl sie sich unter den Flugbedingungen erheblich verändern kann (Meier 1978) – siehe Tabelle 1. Eine Änderung der Kammerkonstante von  $47\mu\text{m}$  im Falle einer Weitwinkelkamera bei 6000m Flughöhe entspricht einem Höhenfehler von 1,8m,  $110\mu\text{m}$  im Falle der Normalwinkelkamera

entsprechen einem Höhenfehler von 2,1m. Beides liegt über der normalen Höhenauswertegenauigkeit. Damit ergibt sich die Notwendigkeit, für die direkte Sensororientierung die aktuelle Kammerkonstante zu bestimmen oder sie auf andere Weise zu kompensieren.

	Druckkabine mit Abschlussglas		Optik in freier Atmosphäre, temperiert auf 7°C		Optik in freier Atmosphäre, Temperatur wie Außenluft	
Flughöhe	6 km	14 km	6 km	14 km	6 km	14 km
Weitwinkelkamera c=153mm	-20µm	-38µm	-36µm	-58µm	-47 µm	-80 µm
Normalwinkelkamera c=305mm	+12 µm	-17µm	-33µm	-28µm	-110 µm	-172 µm

Tabelle 1: Änderung der Kammerkonstante entsprechend der Bildflugbedingungen (Meier 1978)

Ähnlich verhält es sich mit der Lage des Hauptpunktes, auch sie ist bei normalen Bildflügen wegen hoher Korrelation zur äußeren Orientierung nicht bestimmbar, wirkt sich aber bei der direkten Sensororientierung aus. Liegen Beobachtungen der Projektionszentren vor, ist die innere Orientierung bestimmbar. Leider sind zumindest konstante Fehler der GPS-Beobachtungen nicht auszuschließen, sie müssen als Unbekannte eingeführt werden. Damit treten neue Korrelationen auf, die nur bei gemeinsamer Bestimmung in mindestens 2 deutlich verschiedenen Flughöhen eine Lösung ermöglichen.

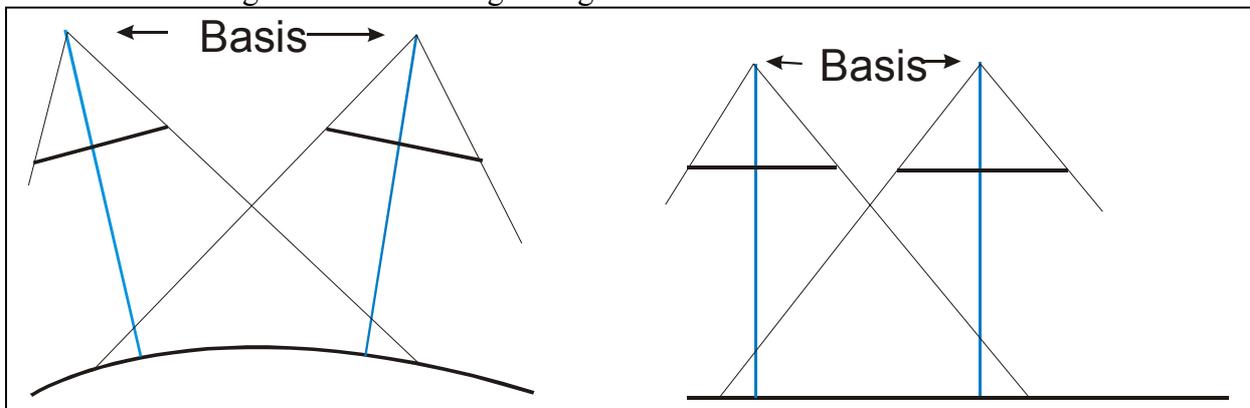


Abb. 2 Änderung des Basis-Höhen-Verhältnisses durch die Erdkrümmungskorrektur

$$\Delta b = \frac{h}{R} \cdot b \quad \Delta f_e = \frac{h}{R} \cdot f$$

$\Delta b$  = Änderung der Basis durch Erdkrümmungskorrektur  
 $\Delta f_e$  = Änderung der Kammerkonstante zur Kompensation des Einflusses der Erdkrümmungskorrektur  
 R = Erdradius    h = Flughöhe über Grund  
 b = Basis        f = Kammerkonstante

Formel 1: Kompensationsmöglichkeit des Einflusses der Erdkrümmungskorrektur auf das Basis-Höhen-Verhältnis durch Änderung der Kammerkonstante

Als weiteres Problem treten die traditionell vernachlässigten kleineren Fehler des mathematischen Modells auf. Die Verebnung der Erdoberfläche durch die Kartennetzabbildung wird meistens nur durch Einführung einer Erdkrümmungskorrektur berücksichtigt. Dabei wird

meistens der lokale Maßstab der Kartennetzabbildung vernachlässigt, der nach Einpassung auf die Passpunkte sich als Maßstabsfehler für die Höhe auswirkt. Bei herkömmlichen photogrammetrischen Auswertungen ist die Auswirkung vernachlässigbar, nicht jedoch bei der direkten Sensororientierung, bei der sich der Maßstabsfehler auf die ganze Flughöhe auswirkt. Des weiteren führt die Verebnung des Koordinatensystems zu einer Änderung des Höhen-Basis-Verhältnisses, was sich auch auf die Höhe auswirkt (Abbildung 2), jedoch durch eine Änderung der Kammerkonstante kompensiert werden kann (Formel 1).

Alle diese Punkte legen nahe, mit einem tatsächlich orthogonalen Koordinatensystem zu arbeiten. Das geozentrische Koordinatensystem ist unpraktisch da es zu einer Vermischung der Lage- und Höhenfehler führt, die normalerweise deutlich unterschiedlich sind, besser geeignet ist ein Tangentialsystem zum Rotationsellipsoid. Hier ergibt sich das praktische Problem, das die endgültige Auswertung meistens in einem GIS durchzuführen ist, das im Landeskoordinatensystem vorliegt und somit eine Transformation erfordert, die nicht durch alle Softwaresysteme durchgeführt werden kann. Aus diesem Grund wird im Weiteren untersucht ob unter Einbeziehung der Bestimmung der Lage der IMU zur Kamera (misalignment) doch im Landeskoordinatensystem gearbeitet werden kann.

## 2. Testblock

Die empirischen Untersuchungen wurden mittels der Daten des OEEPE-Tests "Integrierte Sensor Orientierung" durchgeführt (Heipke et al 2000). Das Testfeld in Frederikstad, Norwegen, wurde mit Registrierung durch das GPS/IMU-System POS/AV 510 von Applanix, Toronto, Kanada und in einem separaten Bildflug mit dem Aerocontrol II der IGI mbH, Deutschland, befliegen. Beide Datensätze, die ohne Bezug auf die Firmen mit Company 1 und Company 2 bezeichnet werden, bestehen aus Kalibrierungsflügen mit dem Bildmaßstab 1 : 5000 und 1 : 10 000 und einer Testblockbefliegung im Maßstab 1 : 5000. Die signalisierten Paß- und Vergleichspunkte wurden mit einer Genauigkeit von +/-1cm in allen Koordinatenkomponenten bestimmt, die Bildmessung erfolgte mittels eines Planicom P1.

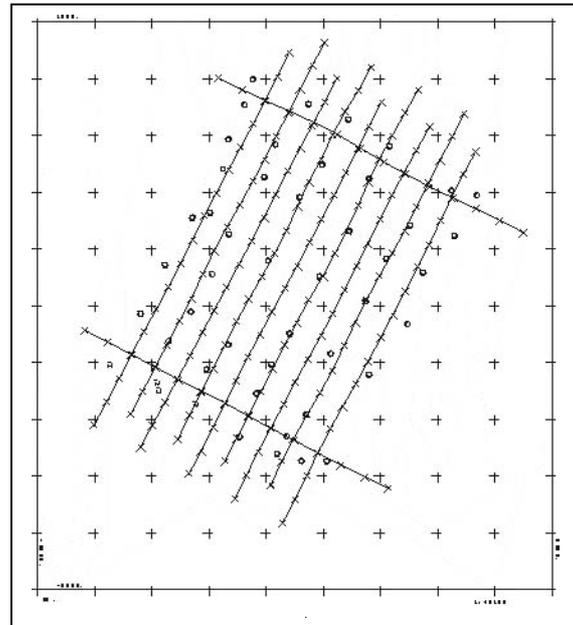
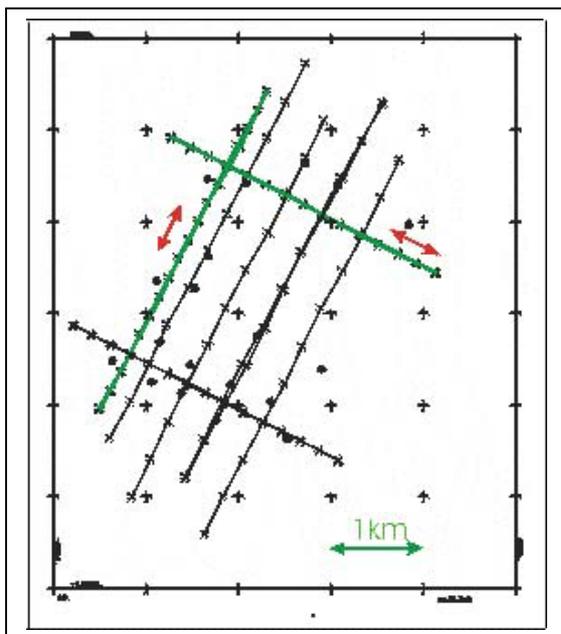


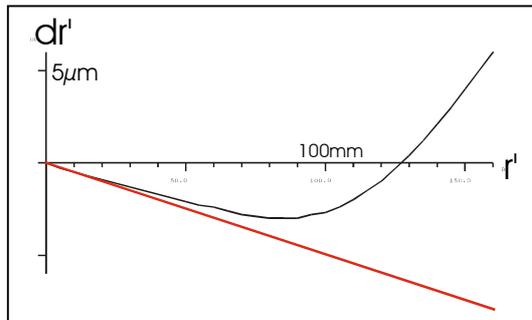
Abb. 3: Kalibrierungsflug Frederikstad,

Bildmaßstab 1 : 5 000

Testblock Frederikstad  
mit Doppelpfeilen gekennzeichnete  
Flugstreifen Bildmaßstab 1 : 5000,  
andere Streifen 1 : 10 000

### 3. Relation Kamera – IMU

Die geometrische Relation zwischen der Kamera und der IMU, bestimmt durch 3 Translationen und 3 Rotationen, wurde zusammen mit der inneren Orientierung durch kontrollierte Bündelblockausgleichungen mit allen Bildern des Kalibrierungsflugs separat für Company 1 und Company 2 berechnet. Die Ausgleichung erfolgte in einem Tangential- und im UTM-Koordinatensystem. Im UTM-Koordinatensystem wurde mit und ohne Erdkrümmungs- und Refraktionskorrektur gerechnet. Der radialsymmetrische Einfluss der Erdkrümmungs- und Refraktionskorrektur kann durch Selbstkalibrierung mit zusätzlichen Parametern kompensiert werden, hierbei tritt allerdings eine Beeinflussung der Kammerkonstante ein, wenn wie üblich,



die radialsymmetrische Komponente mit einem Nulldurchgang eingeführt wird – siehe Abb. 4.

Abb. 4: radialsymmetrische Verzeichnung bestimmt durch Selbstkalibrierung, Company 2, Berechnung ohne Erdkrümmungskorrektur und dadurch hervorgerufene Änderung der Kammerkonstante – ausgedrückt durch Gerade

Für einen Radialabstand von 146mm und einen Bildmaßstab 1:5000 beträgt die Refraktionskorrektur  $-2\mu\text{m}$ , die Erdkrümmungskorrektur  $+7\mu\text{m}$  und damit der resultierende Effekt  $5\mu\text{m}$ . Für den Bildmaßstab 1 : 10 000 beläuft er sich auf  $11\mu\text{m}$ . Mit Vorkorrektur durch Erdkrümmungs- und Verzeichnungsverbesserung überschritt die radialsymmetrische Verzeichnung im Falle von Company 2 nicht den Betrag von  $1\mu\text{m}$  – damit zeigt die Abbildung 4 praktisch nur den in diesem Fall fehlenden Einfluss der Vorkorrektur. Dadurch wurde die Kammerkonstante mit  $7\mu\text{m}$  beeinflusst (vertikaler Abstand zur geneigten Gerade in Abb. 4 bei  $r'=153\text{mm}$ ) entsprechend einem Höhenfehler im Bildmaßstab 1 : 5000 von 35mm.

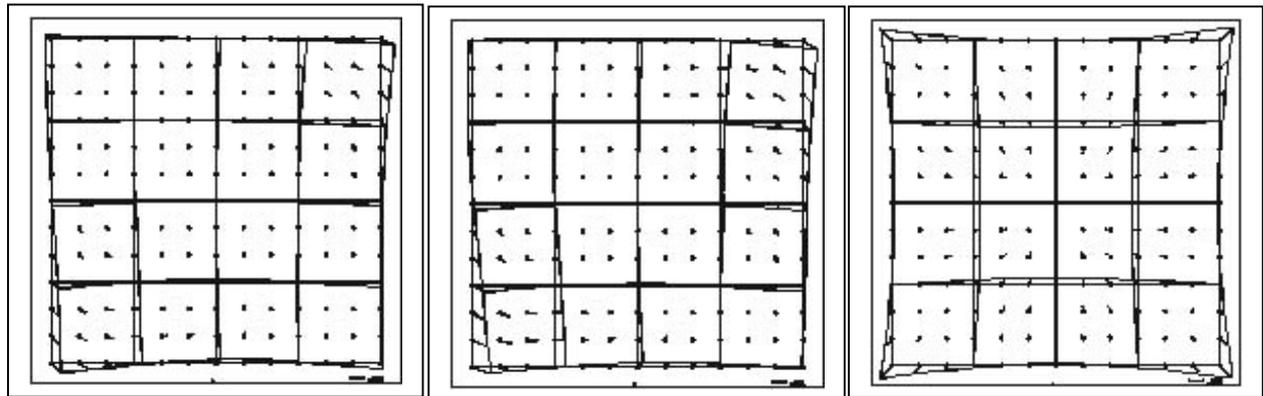
	Company 1	Company 2
	<b>mit Selbstkalibrierung</b>	
Tangentialkoordinatensystem	$-41\mu\text{m}$	$+13\mu\text{m}$
UTM ohne Erdkrümmungs- und Refraktionskorrektur	$+20\mu\text{m}$	$+49\mu\text{m}$
UTM mit Erdkrümmungs- und Refraktionskorrektur	$+5\mu\text{m}$	$+39\mu\text{m}$
	<b>ohne Selbstkalibrierung</b>	
Tangentialkoordinatensystem	$+4\mu\text{m}$	$+1\mu\text{m}$
UTM ohne Erdkrümmungs- und Refraktionskorrektur	$+18\mu\text{m}$	$+43\mu\text{m}$
UTM mit Erdkrümmungs- und Refraktionskorrektur	$+24\mu\text{m}$	$+50\mu\text{m}$

Tabelle 2: Korrektur der Kammerkonstante berechnet durch Bündelblockausgleichung

Die Tendenz der Änderung der Kammerkonstante ist für Company 1 und Company 2 ähnlich, wie auch zwischen den verschiedenen Arten der Referenzblockausgleichung. Die absoluten Werte unterscheiden sich jedoch, was durch nicht vermeidbare zufällige Fehler und tatsächliche physikalische Unterschiede gegenüber der Laborkalibrierung erklärbar ist.

Die Abweichung von den zuvor dargestellten theoretisch vereinfachten Abhängigkeiten kann durch den Einfluss der systematischen Bildfehler erklärt werden die sich auf die innere Orientierung auswirken. Besonders die radialsymmetrische Verzeichnung ist mit der Kammerkonstante korreliert. Prinzipiell ist keine vollständige Trennung aller Einflussgrößen möglich, weswegen grundsätzlich eine Systemkalibrierung erfolgt.

Die durch Blockausgleichung in den unterschiedlichen Koordinatensystemen ermittelten systematischen Bildfehler ähneln sich, wie am Beispiel der Company 2 in den Abbildungen 5 und 6 dargestellt. Der hauptsächliche Unterschied liegt, wie zu erwarten, in dem radialsymmetrischen Einfluss (siehe Abb. 7).



größter Vektor 25µm

21µm

7 µm

**“systematische Bildfehler” Company 2**

Abb 5: Tangentialkoordinaten-System

Abb.6: UTM

Abb.7: Differenz Abb. 5 – Abb. 6

ohne Erdkrümmungskorrektur

Die berechneten Unterschiede der Kammerkonstanten müssen in Verbindung mit den in den gleichen Ausgleichungen ermittelten Z-Komponenten des Misalignments gesehen werden – beide sind stark korreliert. Die Lage der Hauptpunkte ist dagegen von den Berechnungen in den verschiedenen Koordinatensystemen weitgehend unabhängig und variiert nur wenige Mikrometer.

Die mittels der Kalibrierungsflüge bestimmten Bildorientierungen, einschließlich der inneren Orientierungen, wurden als Referenz für die Bestimmung des Misalignments benutzt. Die Unterschiede der Achsenlagen müssen im inertialen System (rollen, nicken, gieren) mit gieren als Primärdrehung berechnet werden. Die Unterschiede zwischen den transformierten photogrammetrisch bestimmten Orientierungen und den IMU-Daten stellen das Misalignment dar. Die Streuung der Unterschiede zeigen die Genauigkeit des Misalignments an. Auch die durch Blockausgleichung mittels Paßpunkten bestimmten Bildorientierungen sind nicht fehlerfrei, besonders X0, Y0 und phi, omega bzw. die transformierten Winkel rollen und nicken sind miteinander hoch korreliert (Jacobsen 1999). Im Falle von Schmalwinkelkameras, wie der digitalen Kodak DCS460, ist es kaum möglich, die Winkel des Misalignments von den Translationen in X und Y zu trennen. Im Falle von Standard-Luftbildkamern ist eine Trennung der Komponenten möglich, die durch die Korrelation hervorgerufenen Abhängigkeiten sind jedoch für die heute erzielten Genauigkeiten nicht vernachlässigbar und wirken sich vor allem aus, wenn der Bildmaßstab der Bestimmung des Misalignments nicht mit dem des Produktionsblockes übereinstimmt.

	pitch	roll	yaw	X0	Y0	Z0
Company 1 UTM	0.0038°	0.0035°	0.0102°	6.7cm	8.1cm	7.6cm
Company 1 tangential	0.0029°	0.0039°	0.0106°	6.8cm	7.8cm	6.9cm
Company 2 UTM	0.0067°	0.0046°	0.0077°	15.4cm	15.5cm	5.6cm
Company 2 tangential	0.0055°	0.0059°	0.0078°	12.1cm	13.6cm	2.5cm

Tabelle 3: mittlere quadratische Abweichung der Bildorientierung bestimmt durch kontrollierte Blockausgleichung und den IMU-Werten nach Berücksichtigung des Misalignments

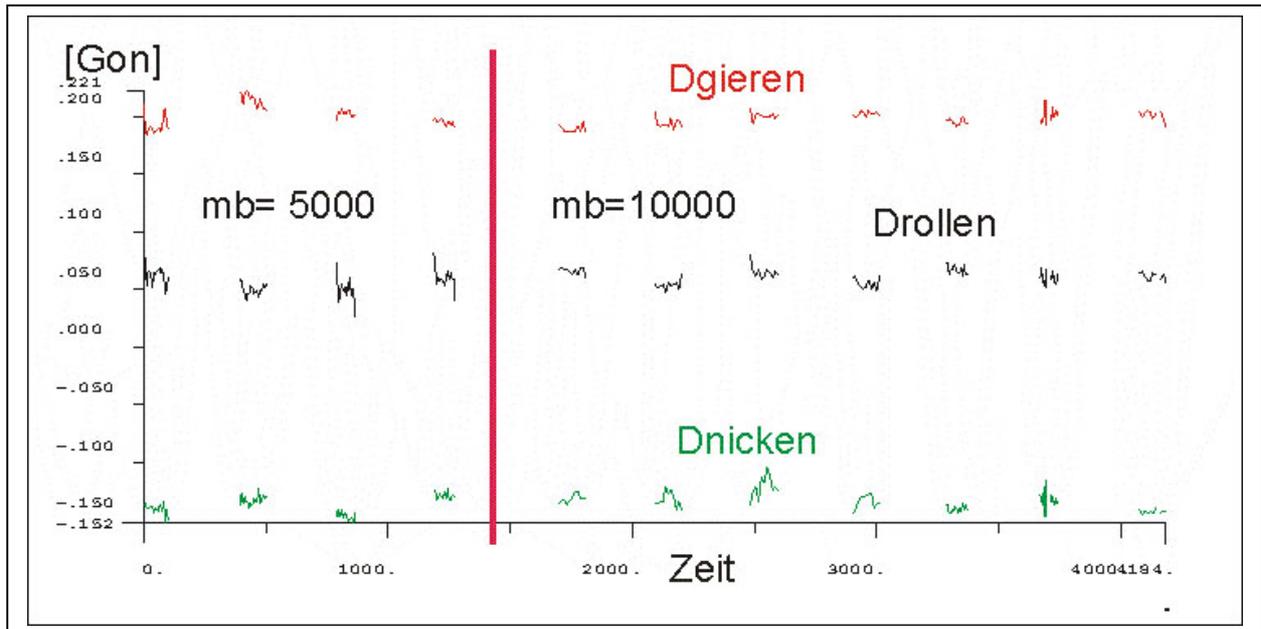


Abb. 8: Winkeldifferenzen kontrollierte Blockausgleichung – IMU (company 2, UTM)

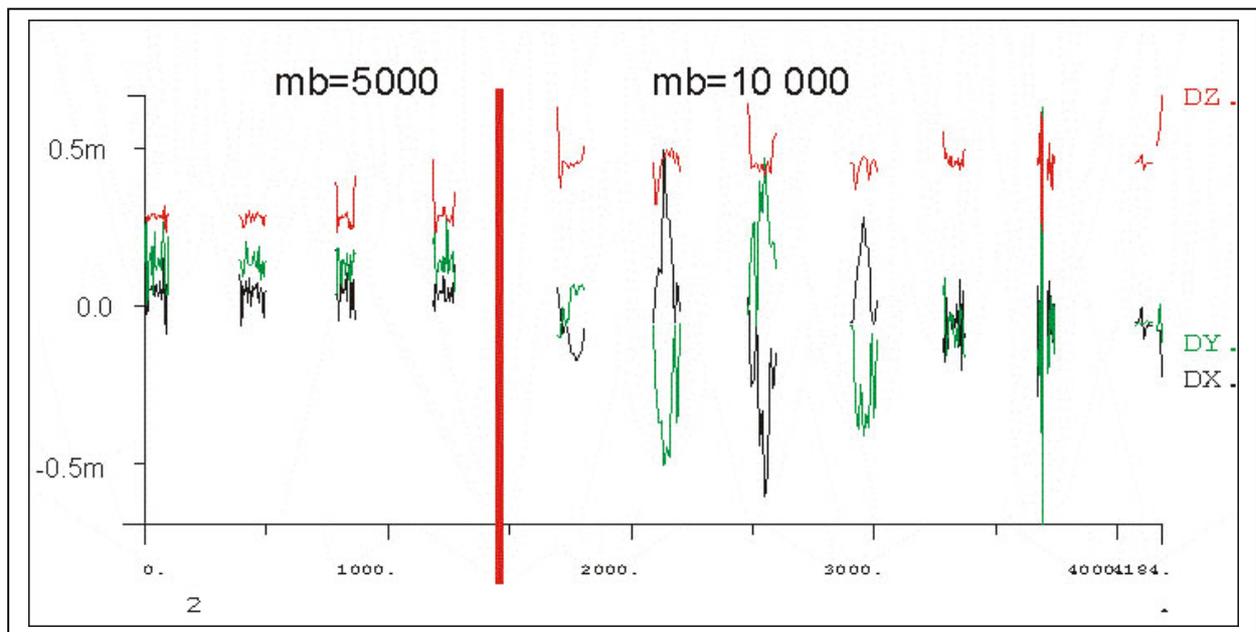


Abb 9: Differenzen der Projektionszentren (company 2, Tangentialsystem)

Die Abbildungen 8 und 9 stellen die Unterschiede zwischen den mittels kontrollierter Blockausgleichung bestimmten Bildorientierungen und den IMU-Werten dar. Die Differenzen unterscheiden sich von denen, bestimmt im UTM-Koordinatensystem, kaum, es treten hauptsächlich nur die durch die unterschiedliche Bearbeitung hervorgerufenen Verschiebungen auf. Dieses zeigt sich auch in Tabelle 3. Die Winkelunterschiede zeigen praktisch keine Abhängigkeit von den Flugstreifen und der Zeit. Die Translationen variieren dagegen geringfügig von Flugstreifen zu Flugstreifen, es wurden hier aber noch nicht die unterschiedlichen Hauptpunktlagen berücksichtigt, die eine flugrichtungsabhängige Verschiebung verursachen.

Die kleinen Unterschiede zwischen den Ergebnissen der beiden Firmen lassen sich durch Unterschiede der Hardwarekomponenten der IMU erklären. So wurde in einem Fall ein

klassisches rotierendes Kreiselssystem eingesetzt, was heute durch faseroptische Kreisel ersetzt werden würde.

## 4. Objektpunktbestimmung

Mittels der bestimmten Misalignment-Werte können die IMU-Werte verbessert und in die in der Photogrammetrie üblichen Winkel umgerechnet werden. Unter Verwendung der bestimmten Kammerkonstanten kann ein kombinierter Vorwärtsschnitt, basierend auf den Bildkoordinaten der Kalibrierungsblöcke erfolgen. Die so ermittelten Objektkoordinaten lassen sich mit den Paßpunktkoordinaten, aber auch den Objektkoordinaten der Referenzausgleichungen vergleichen.

	Paßpunkte			alle Objektpunkte			$\sigma$ Vorwärtsschnitt
	MXpp	MYpp	MZpp	MX	MY	MZ	
Company 1, UTM	8.2cm	6.9cm	9.8cm	16.6cm	12.8cm	22.3cm	22.0 $\mu$ m
Company 1, tangential	8.1cm	6.7cm	9.7cm	16.1cm	12.7cm	21.4cm	22.6 $\mu$ m
Company 2, UTM	8.7cm	5.8cm	12.4cm	11.4cm	9.2cm	14.5cm	23.3 $\mu$ m
Company 2, tangential	7.9cm	6.3cm	12.8cm	11.6cm	9.6cm	14.6cm	24.2 $\mu$ m

Table 4: Quadratmittel der Unterschiede der durch kombinierten Vorwärtsschnitt mit den IMU-Daten ermittelten und den Objektkoordinaten bestimmt durch Referenzblockausgleichung

Die Quadratmittel der Unterschiede der Objektkoordinaten, bestimmt durch kombinierten Vorwärtsschnitt mittels der IMU-Daten und die durch Paßpunkte gestützten Referenzblockausgleichungen, die eine innere Genauigkeit darstellen, zeigen praktisch keine Abhängigkeit von der Berechnung im Landes- oder im Tangentialkoordinatensystem. Die Abweichungen an den Passpunkten sind kleiner als die Objektpunktkoordinatendifferenzen, obwohl diese nicht voneinander unabhängig sind. Die Erklärung hierfür ist, dass die Objektpunkte im Durchschnitt in 6,8 Bildern, die Passpunkte dagegen in 13 Bildern gemessen wurden. Die Unterschiede zwischen company 1 und 2 sind darauf zurück zu führen, dass die Befliegung von company 1 durch aufkommende Bewölkung beeinträchtigt wurde.

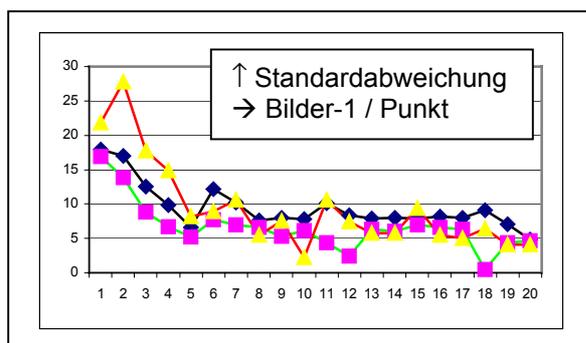


Abb. 10: Objektkoordinatengenauigkeit als Funktion der Anzahl der Bilder je Objektpunkt

Die Bestimmung des Misalignments konnte die Modellfehler (Erdrückungseinfluß und Koordinatensystem) vollständig kompensieren. Anders sieht es aus, wenn die Kalibrierung nur mit den Luftbildern im Maßstab 1 : 10 000 berechnet wird und das damit ermittelte Misalignment auf den Bildmaßstab 1 : 5000 übertragen wird. Werden nur Luftbilder eines Maßstabs benutzt, kann die innere Orientierung nicht verbessert und es muss die

Kammerkonstante des Kalibrierungszertifikats benutzt werden. Die Berechnung im UTM-Koordinatensystem führte zu erheblichen systematischen Fehlern des kombinierten Vorwärtsschnitts für company 1 im Maßstab 1 : 5000 von  $\text{systX}=8,7\text{cm}$ ,  $\text{systY}=6,6\text{cm}$  und  $\text{systZ}=20,4\text{cm}$ . Diese systematischen Fehler treten bei der Berechnung im Tangentialkoordinatensystem mit  $\text{systX}=3,7\text{cm}$ ,  $\text{systY}=4,5\text{cm}$  und  $\text{systZ}=0,8\text{cm}$  praktisch nicht auf.

## 5. Modellorientierung

Die Genauigkeit der durch gemeinsamen Vorwärtsschnitt ermittelten Punkte in dem Auswerteblock von etwa  $\text{SX}=13\text{cm}$ ,  $\text{SY}=12\text{cm}$  und  $\text{SZ}=12\text{cm}$  ist nur ein Aspekt der photogrammetrischen Auswertung. Für die Orthophotoerstellung ist die Genauigkeit der direkten Sensororientierung in der Regel ausreichend. Probleme können dagegen bei der Modellorientierung auftreten. Aus Abbildung 10 ergibt sich, dass Punkte, die nur in 2 Bildern bestimmt wurden schon eine deutlich geringere Genauigkeit aufweisen, als andere. Für company 2 ergaben sich für 178 Modelle die y-Parallaxen im Quadratmittel zu  $\pm 20\mu\text{m}$ , wobei 157 Modelle eine Standardabweichung der y-Parallaxe von  $\text{Spy} > 10\mu\text{m}$ , 50 Modelle  $> 20\mu\text{m}$ , 17 Modelle  $> 30\mu\text{m}$  und 4 Modelle  $> 50\mu\text{m}$  aufwiesen. Y-Parallaxen, die  $20\mu\text{m}$  überschreiten, führen zu einer Beeinträchtigung des Stereoeffektes, der bei  $\text{py} > 30\mu\text{m}$  meistens aufhört.

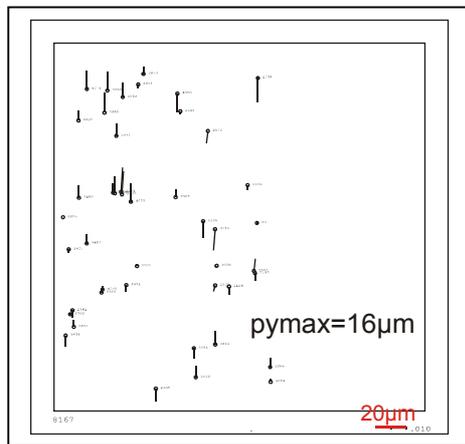


Abb. 11: y-Parallaxen der kombinierten Blockausgleichung ohne Passpunkte

In dem Modell 6167/6168 ergibt sich die y-Parallaxe durch direkte Sensororientierung zu  $\pm 42\mu\text{m}$ , damit ist das Modell stereoskopisch nicht auswertbar. Abhilfe schafft hier eine kombinierte Blockausgleichung ohne Passpunkte (Beobachtungen = Bildorientierung bestimmt durch direkte Sensororientierung + Bildkoordinaten), sie reduziert  $\text{spy}$  auf  $\pm 8\mu\text{m}$  (siehe Abb. 11), womit keine weiteren Probleme auftreten.

## 6. Zusammenfassung

Die Genauigkeit der direkten Sensororientierung hat sich auf ein Niveau verbessert, das die Anwendung für viele Bereiche ermöglicht. Die Auswertung wird normalerweise direkt im Landeskoordinatensystem durchgeführt obwohl dieses nicht dem mathematischen Modell entspricht. Wenn die Bestimmung des Misalignment unter gleichen Bedingungen wie der Bildflug erfolgt, d.h. mit einem ähnlichen Bildmaßstab, kompensiert das Misalignment die Fehler des mathematischen Modells. Erfolgt dagegen die Ermittlung des Misalignments mit einem deutlich anderen Bildmaßstab, führt dieses bei direkter Verwendung des Landeskoordinatensystems zu nicht vertretbaren systematischen Fehlern, was bei Bearbeitung im mathematisch strikten Tangentialkoordinatensystem nicht der Fall sein muss. Eine strikte Bestimmung des Misalignments für nicht nur einen Bildmaßstab erfordert eine Referenzbefliegung mit 2 deutlich unterschiedlichen Bildmaßstäben, die neben der Ermittlung konstanter Orientierungsfehler, auch eine Bestimmung der inneren Orientierung (Kammerkonstante und Bildhauptpunkt) ermöglicht.

Bei der Modellorientierung, basierend auf der direkten Sensororientierung, sind trotz des heute erreichten Genauigkeitsniveaus nicht-vertretbare y-Parallaxen unvermeidbar. Sie können durch

eine kombinierte Ausgleichung mit Bildkoordinaten, aber ohne Passpunkte, beseitigt werden. Die kombinierte Ausgleichung hat außerdem den großen Vorteil einer Verbesserung der Zuverlässigkeit, die bei der direkten Sensororientierung praktisch nicht vorhanden ist. Auf diese Weise können auch Bildstreifen einbezogen werden, bei denen die direkte Sensororientierung versagt hat.

## Literaturverzeichnis

- Heipke, C., Jacobsen, K., Wegmann, H., Andersen, Ø, Nilsen, B. (2000), Integrated Sensor Orientation – an OEEPE Test, IAPRS, Vol. XXXIII ISPRS Amsterdam
- Heipke, C., Jacobsen, K., Wegmann, H.: OEEPE Test on Integrated Sensor Orientation, ASPRS Annual Convention, St. Louis, 2001
- Jacobsen, K. (1999): Combined Bundle Block Adjustment with Attitude Data, ASPRS Annual Convention 1999, Portland
- Jacobsen, K. (2000): Potential and Limitation of Direct Sensor Orientation, IAPRS, Vol. XXXIII ISPRS Amsterdam
- Jacobsen, K. (2001): Aspects of Handling Image Orientation by Direct Sensor Orientation, ASPRS Annual Congress, St. Louis, 2001
- Meier, H.-K. (1978): Verzeichnung, Kammerkonstante und Fokussierung von Luftbildkammern unter dem Einfluss bildflugspezifischer Umweltbedingungen, BuL 1978, pp 193 - 198