Susanne Haußmann

Aerotriangulation eines Bildverbandes des „Stuttgarter Adlers“

Dauer der Arbeit: 3 Monate
Abschluss: Juli 2010
Betreuer: Dr.-Ing. Michael Cramer (*ifp*), Dipl.-Ing. Ursula Kirchgäßner (*IRS*)

Motivation

Diese Studienarbeit entstand als Gemeinschaftsprojekt des *Instituts für Photogrammetrie* (*ifp*) und des *Institut für Raumfahrtsysteme* (*IRS*). Das *IRS* erprobt zurzeit den Einsatz des ferngesteuerten Modellflugzeugs „Stuttgarter Adler“ als Fernerkundungsplattform an einem wissenschaftlichen Projekt zur Erfassung von Umweltdaten. Für diese Untersuchung der Boden- und Vegetationseigenschaften werden Strahlungsdaten im grünen, roten und nahen infraroten Bereich erfasst und ausgewertet.

Abbildung 1: „Stuttgarter Adler“

In dieser Arbeit soll vorrangig die Auswertung eines Bildverbandes des „Stuttgarter Adlers“ erfolgen und eine Lösung für die Erzeugung eines geometrisch korrekten Orthophotomosaiks gefunden werden. Dabei wird auch analysiert, welche Genauigkeiten mit der verwendeten Kamera erreicht werden kann. Als Alternative zur photogrammetrischen Bündeltriangulation des Bildmaterials mit der Software *ApplicationsMaster 5.1* der Firma *inpho* wird das Bündelprogramm *Bundler* untersucht.

Vorgehensweise

Das zur Verfügung stehende Datenmaterial stammt von der Befliegung des Flugplatzes des Modellflugvereins Weil der Stadt am 20. Oktober 2009. Für die klassische photogrammetrische Bündeltriangulation können nur elf der insgesamt 86 aufgezeichneten Bilder verwendet werden, da nur in diesem Bereich ausreichend Passpunkte zur Vororientierung der Bilder durch räumlichen Rückwärtsschnitt vorhanden sind. Insgesamt liegen neun eingemessene Passpunkte in Gauß-Krüger-Koordinaten vor.

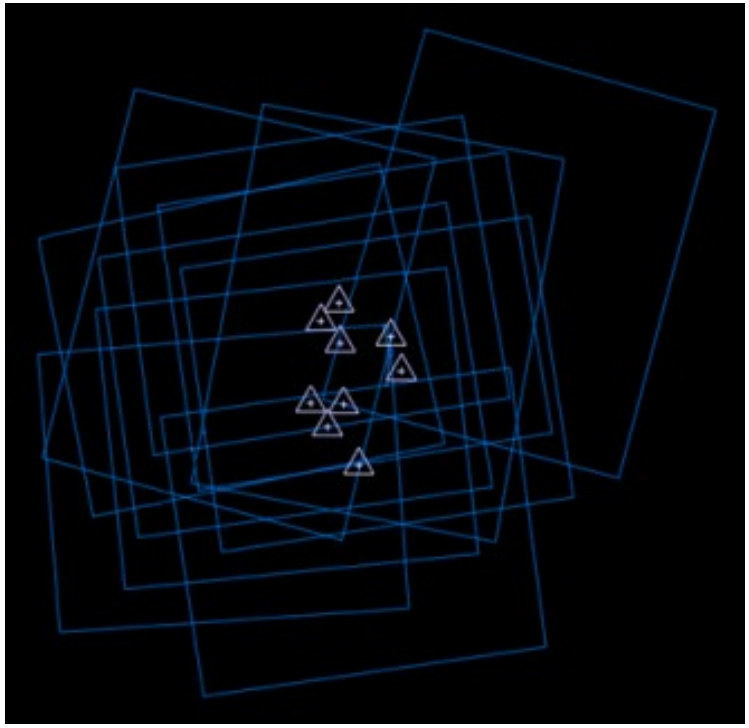

Abbildung 2: Blockübersicht mit Passpunkten

Die Kamera des „Stuttgarter Adlers“ ist sehr schmalwinklig und hat aufgrund des kleinen Bildformats eine geringe Abdeckung am Boden. Dadurch unterscheidet sie sich stark von klassischen Luftbildkameras wie der DMC und der RMK TOP 15. Insbesondere die Unterschiede in den Kamerageometrien werden zu Beginn der Arbeit kurz dargestellt. Anschließend erfolgt die Aerotriangulation der Bilddaten und eine Untersuchung der Genauigkeit der Neupunkte, in den Kontrollpunkten sowie der äußeren Orientierung. Die Qualität der Bildorientierung wird durch die unzureichende Verteilung der Passpunkte und des schmalen Öffnungswinkels negativ beeinflusst.

Mit dem Bündelprogramm *Bundler* wird der gesamte Bildverband mit allen 86 Bildern ausgewertet. Im Unterschied zu *ApplicationsMaster 5.1* benötigt diese Software keine Näherungswerte für die äußere Orientierung und kann einen stark vom „Normalfall“ der Photogrammetrie abweichenden Bildverband direkt aus den Bildern triangulieren. Das Ergebnis sind zunächst lokale dreidimensionale Koordinaten, die durch eine 7-Parameter-Transformation mit identischen Punkten in UTM- bzw. GK-Koordinaten transformiert werden.

Mit der aus *ApplicationsMaster 5.1* bestimmten Orientierung der Bilder sowie den *Bundler*-Ergebnissen, wird jeweils ein Orthophotomosaik erzeugt und die geometrische Genauigkeit mit Hilfe der neun Kontrollpunkte untersucht.

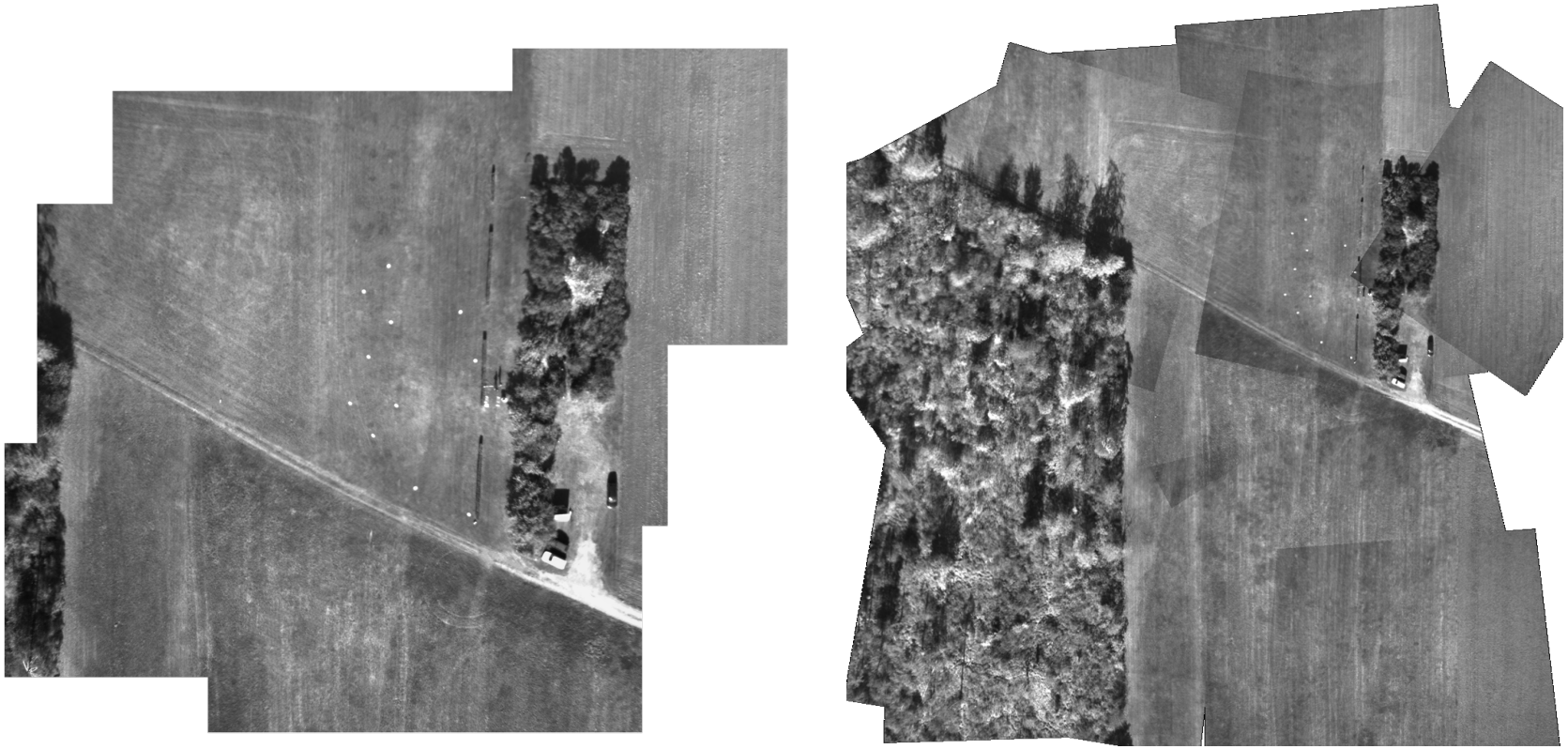

Abbildung 3: Orthophotomosaik aus ApplicationsMaster 5.1 (links) und Bundler (rechts)

Die Abweichungen zu den Sollkoordinaten sind beim Orthophotomosaik von *ApplicationsMaster 5.1* nur etwas besser als bei *Bundler* (*Tabelle 1*). Bei Gegenüberstellung der erzielten Genauigkeiten mit der gewählten Pixelgröße im Orthophoto von 7 cm wird ersichtlich, dass im Schnitt Pixelgenauigkeit teilweise sogar Subpixelgenauigkeit erzielt wurde.

	ApplicationsMaster 5.1		*Bundler*	
Kontrollpunkt	Δx[m]	Δy [m]	Δx [m]	Δy [m]
10001	0.010	-0.070	0.031	0.021
10002	0.090	0.008	-0.023	0.057
10003	-0.046	0.007	-0.089	-0.081
10004	-0.044	0.015	-0.025	-0.193
10005	-0.307	0.116	-0.258	0.076
10006	-0.161	0.184	-0.376	0.475
10007	-0.097	-0.071	0.038	0.292
10008	-0.126	0.185	-0.060	0.199
10009	0.006	0.010	-0.032	-0.013
Durchschnitt	**-0.077**	**0.043**	**-0.088**	**0.093**
Standardabweichung	0.114	0.097	0.139	0.202

Tabelle 1: Differenzen zwischen den im Orthophotomosaik gemessenen Kontrollpunkten und den Sollkoordinaten

Ein Wert fällt bei *Bundler* besonders auf. Der Kontrollpunkt 10006 weicht 40-50 cm von den Sollkoordinaten ab, weil er auf einem andern Ausgangs-Orthophoto liegt und bei der Mosaikgenerierung keine Interpolation zwischen den einzelnen Orthophotos stattgefunden hat (*Abbildung 4*).

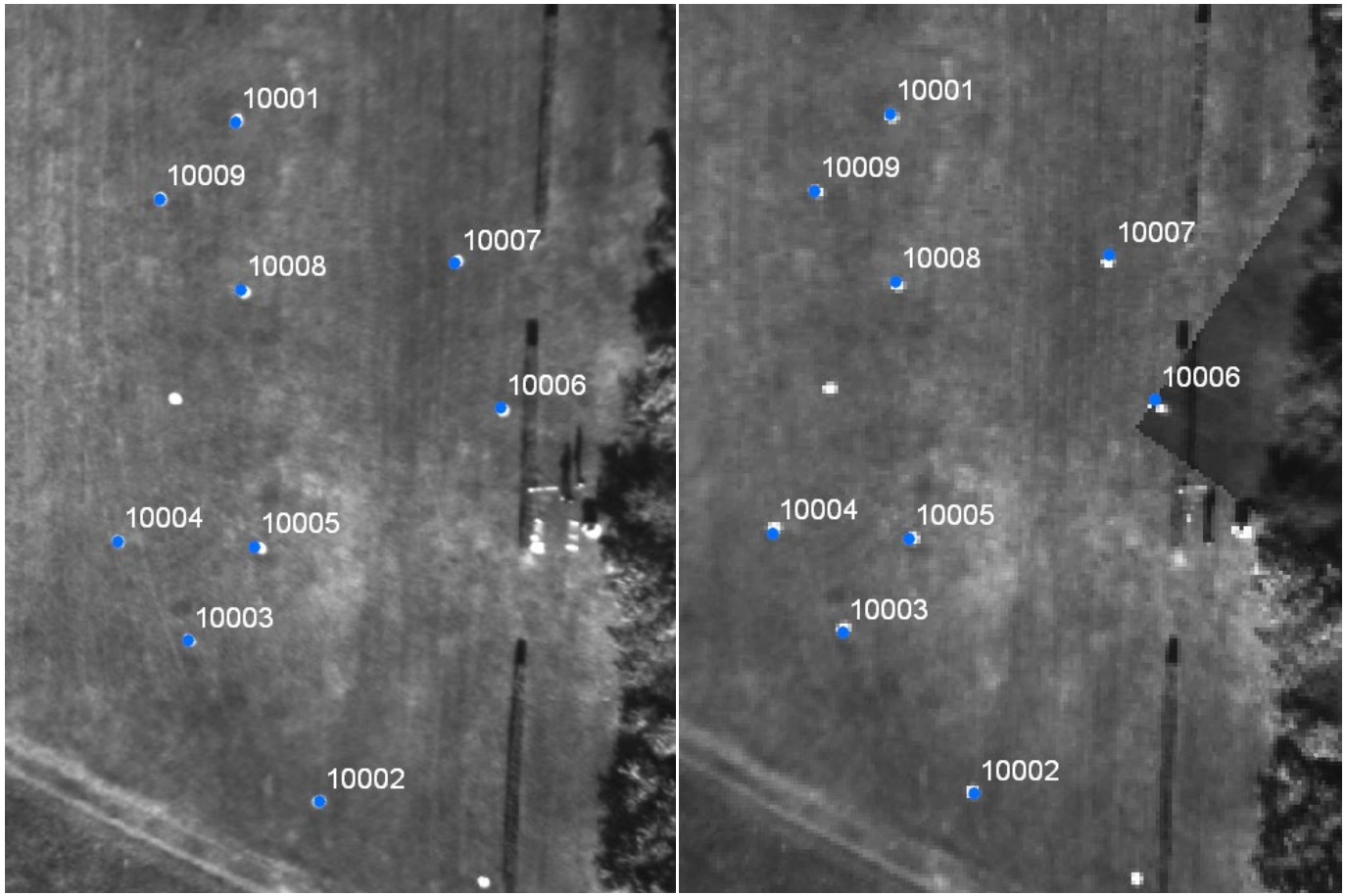

Abbildung 4: graphische Darstellung der Differenzen zwischen den im Orthophotomosaik gemessenen Kontrollpunkten (weiß) und den Sollkoordinaten (blau) aus ApplicationsMaster 5.1 (links) und Bundler (rechts)

Als Abschluss der Arbeit erfolgt die Planung eines weiteren Bildfluges mit Hilfe der gewonnenen Erkenntnisse. Dabei sind besonders die Überdeckungsverhältnisse und Passpunktverteilung zu berücksichtigen. Eine weitere Befliegung ist nötig, um die tatsächlich erreichbare Genauigkeit der Aerotriangulation bei optimaler Planung und Durchführung abschätzen zu können. Für den geplanten Testflug sollten zur Genauigkeitssteigerung GPS/inertial Daten während des Fluges aufgezeichnet werden.

Fazit

Die Analyse der Kamera des „Stuttgarter Adlers“ ergab aus photogrammetrischer Sicht einige Nachteile im Vergleich zu den Standardluftbildkameras. Besonders der schmale Öffnungswinkel und das kleine Bildformat wirken sich negativ bei starken Schwankungen während des Fluges auf die verbleibende Überdeckung der Bilder am Boden aus. Der schmale Winkel ist auch ursächlich für die Probleme bei der Schätzung der äußeren Orientierung mittels Bündeltriangulation. In diesem Fall schneiden sich die Strahlenbüschel schleifend und die Bestimmung der 3D-Objektkoordinaten wird damit sehr ungenau. Weiterhin tragen die geringe Anzahl von Passpunkten sowie die hohe Korrelation zwischen den Parametern der äußeren Orientierung zu Genauigkeitsverlusten bei.
Die Abweichungen zu den Sollkoordinaten der Passpunkte in den erzeugten Orthophotomosaiken liegen im cm-Bereich. Geometrische Fehler treten verstärkt in den Überdeckungsbereichen der einzelnen Orthophotos auf. Da jedoch kein Höhenmodell vorlag und die einzelnen Orthophotos Verzeichnungen und Radialversätze enthielten, ist das Ergebnis dennoch sehr zufriedenstellend.