

# Flugzeugbasierte Low-Cost-Aufnahmeplattform für den internationalen Katastrophenschutz

Alexander ALMER, Hannes RAGGAM, Thomas SCHNABEL, Mathias SCHARDT,  
Roland WACK, Karlheinz GUTJAHR, Michael SCHMIDT und Otto KOUDELKA

*Dieser Beitrag wurde nach Begutachtung durch das Programmkomitee als „reviewed paper“  
angenommen.*

## Zusammenfassung

Im Rahmen des integrativen österreichischen Sicherheitsforschungsprogramms KIRAS<sup>1</sup> entstand ein flugzeuggetragenes Low-Cost-Aufnahmesystem, welches es ermöglicht, geokodierte Lagebilder in nahezu Echtzeit für unterschiedlichste Anwendungen zur Verfügung zu stellen. Im Rahmen der Entwicklungen wurde dabei der Bereich Katastrophenschutz forciert, für den eine flexible, echtzeitnahe, hochqualitative und dennoch kostengünstige luftgestützte Aufnahmeplattform zur Unterstützung von Entscheidungsprozessen von großer Bedeutung ist. Für die Sensorplattform wurden handelsübliche Digitalkameras, eine Thermalkamera, ein GPS-Empfänger und eine IMU (Inertial Measuring Unit) sowie ein PC für die Datenspeicherung, Kamerasteuerung und Datenvorverarbeitung in eine kompakte Lösung integriert. Über ein Kommunikationsmodul lassen sich die aufgenommenen Daten über große Distanz direkt zu einer Bodenstation übertragen. Im Bodensegment werden die erzeugten Einzelbilder echtzeitnahe über direkte Geokodierungsverfahren zu Bildmosaiken zusammengesetzt. Diese können somit einerseits für eine rasche und aktuelle Lageeinschätzung verwendet sowie für Analysen mit bereits existierenden Daten kombiniert werden.

## 1 Einleitung

Im Zusammenhang mit sicherheitsrelevanten Aufgabenstellungen des Katastrophenmanagements sind die Verfügbarkeit von Basisinformation sowie eine rasche Erfassung des Zustandes wichtiger Infrastruktur zielführend. Dies erfolgt am effizientesten aus der Luft, beispielsweise in Form eines ausreichend weiträumigen aktuellen Lagebildes, welches idealerweise in „Near-Real-Time“ (NRT) nach der Datenaufnahme für Entscheidungsträger verfügbar sein sollte. Die Anforderungen an ein luftgestütztes Sensorsystem lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Multisensor-Ansatz: Verwendung von Kameras mit unterschiedlichen spektralen Eigenschaften (optisch und thermal)
- NRT-Ansatz: Integrierte Up- und Downlinkkomponente für einen echtzeitnahen Transfer der Bilddaten zur Bodenstation sowie weiterführende NRT-Datenprozessierung

---

<sup>1</sup> Siehe [www.kiras.at](http://www.kiras.at); Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT).

- Low-Cost-Ansatz: Nutzung von kostengünstigen Sensorkomponenten unter Berücksichtigung der Genauigkeits- und Qualitätsanforderungen

Luftgestützte Aufnahmesysteme finden seit der Verfügbarkeit digitaler Kameras weltweit in verschiedensten Anwendungen Verbreitung. Die Systeme reichen von photogrammetrieorientierten Lösungen, welche in der Regel auf entsprechend teure High-End-Kameras zurückgreifen bis hin zu absoluten Low-Cost-Lösungen, mit Consumer-Kameras auf UAVs (Unmanned Airborne Vehicles). Letztere finden im Forschungsumfeld zwar verstärktes Interesse, erfüllen die Anforderungen für einen Katastropheneinsatz aufgrund der fehlenden Systemrobustheit, der zu geringen Nutzlast für die Sensorik sowie der fehlenden rechtlichen Voraussetzungen für den Flugbetrieb jedoch nur teilweise.

Verfügbare flugzeuggetragene Alternativen hingegen sind vielfach auf präzisions-photogrammetrische Aufgabenstellungen auf der Basis von Mittel- und Großformat-Kameras ausgerichtet und bewegen sich somit in einem wesentlich höheren Preissegment. Das Datenvolumen der High-End-Systeme liegt im Bereich über 50 Megapixel und überfordert aktuelle Downlinkkapazitäten und somit die Echtzeitanforderung. Beispiele sind in erster Linie die UltraCAM-Serie von Vexcel/Microsoft (GRUBER et al. 2009), die Intergraph (Z/I) DMC II-Kamera ([www.intergraph.com](http://www.intergraph.com)) oder die (Multi-) Kamera-Lösungen der IGI Digi-CAM (KREMER 2010) oder der Trimble-Kamera ([www.trimble.com](http://www.trimble.com)).

Flugzeuggetragene Systeme auf der Basis von Kleinbildkameras mit einem Datenvolumen in der Größenordnung von weniger als 20 Megapixel werden zurzeit von verschiedensten Forschungseinrichtungen und Universitäten entwickelt. Diese folgen grundsätzlich dem „Low-Cost“-Gedanken, allerdings werden die Echtzeitanforderung mehrheitlich bzw. der Multi-Sensor-Ansatz generell nicht berücksichtigt. Als Beispiele für derartige Entwicklungen seien an dieser Stelle die Systeme des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt DLR (ROSENBAUM et al. 2010), von Visionmap ([www.visionmap.com](http://www.visionmap.com)), der israelischen Firma „Tiltan“ (PETRIE 2011) oder der Universität Rostock (GRENZDÖRFFER 2004) genannt.

In diesem Paper werden Entwicklungen präsentiert, welche die im Rahmen des Projektes PUKIN (Periodische Überwachung kritischer Infrastrukturen – gefördert vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie) – erarbeitet wurden. Im Rahmen dieses Projektes (SCHARDT et al. 2011) hat die Forschungsgesellschaft JOANNEUM RESERACH zusammen mit der TU Graz und der Firma Diamond Aircraft Industries einen Prototypen für ein System zur echtzeitnahen Datengenerierung für eine effektive Unterstützung von Entscheidungsprozessen in Krisensituationen entwickelt. In den Systementwicklungen wurde versucht, den oben genannten Anforderungen in ihrer Gesamtheit nachzukommen und damit ein echtzeitfähiges und für unterschiedliche Katastrophenszenarien flexibel einsetzbares System zu realisieren. JOANNEUM RESERACH war unter anderem für die Entwicklung der luftgestützten Multisensor-Aufnahmeplattform sowie der Prozessierungs- und Managementkomponente verantwortlich, die in den weiteren Kapiteln im Detail beschrieben werden.

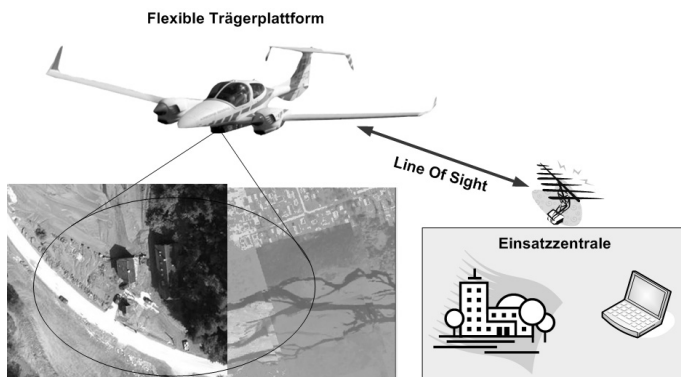
## 2 Ausgangssituation

Für die Prototypentwicklung einer flexiblen und kostengünstigen Multisensor-Aufnahmeplattform konnte auf Vorläuferlösungen zurückgegriffen werden, welche für „Hand-

held“-Aufnahmen aus Hubschraubern konzipiert waren (RAGGAM et al. 2006; ALMER et al. 2007). Angestrebte Erweiterungen bestanden in der Berücksichtigung der oben genannten Anforderungen hinsichtlich Echtzeitfähigkeit und Multisensor-Equipment. Die Vorteile der so konzipierten Aufnahmeplattform gegenüber herkömmlichen flugzeuggetragenen Aufnahmesystemen bestehen somit in der schnellen Übertragung der Daten zur Auswertestation mittels einer Line-of-Sight (LOS)-Lösung sowie in der vollautomatischen, echtzeitnahen Geokodierung der Bilddaten, sodass ortho-rektifizierte Luftbilder sehr rasch nach einer Bilderfassung in der Bodenstation zur weiteren Analyse und Verwendung zur Verfügung stehen (siehe Abbildung 1).

Die entwickelte Aufnahmeplattform besteht somit aus zwei optischen und einer thermalen Digitalkamera sowie einem GPS-Empfänger und einer IMU zur Bestimmung der Position und äußeren Orientierung. Weiters inkludiert sie einen PC für die Datenspeicherung, Kamerasteuerung und Datenvorverarbeitung. Ein LOS-Kommunikationsmodul überträgt die aufgenommenen Daten direkt zur Bodenstation. Die Plattform wurde auf die spezifischen Flexibilitätsvorteile des zweimotorigen Flugzeugs DA42MPP<sup>2</sup> hin ausgelegt. In dem Bodensegment werden die erzeugten Einzelbilder echtzeitnahe über direkte Geokodierungsverfahren zu Bildmosaiken zusammengesetzt. Für die Prozessierung wurde, basierend auf den Anforderungen in den behandelten Szenarien des Katastrophenschutzes, „echtzeitnahe“ als ein Zeitrahmen kleiner 10 Sekunden definiert, in welchem die Daten nach der Aufnahme zur Verfügung gestellt werden. Die generierten Ergebnisse können in der Bodenstation direkt angezeigt und ausgewertet, sowie für weitere Systeme über WMS (Web Map Service<sup>3</sup>) Schnittstellen angeboten werden.

Das Gesamtsystem wurde auf die Nutzung für unterschiedliche Themen im Bereich Katastrophenschutz ausgelegt, wo aktuelle luftgestützte Informationen einen wichtigen Faktor für ein effizientes Krisenmanagement darstellen. Die Fokussierung auf eine leistungsfähige Lösung, welche im Vergleich zu existierenden Systemen in einem sehr niedrigen Preissegment angesiedelt ist, ermöglicht breite Einsatzmöglichkeiten.



**Abb. 1:** Systemkonzept

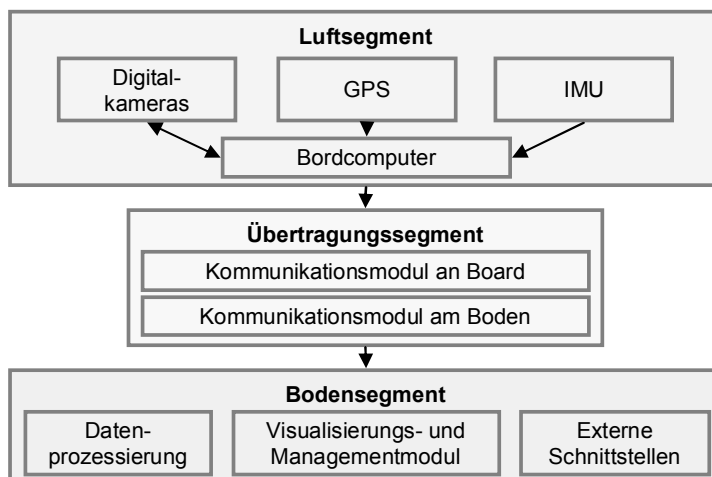
<sup>2</sup> Siehe [www.diamond-air.at](http://www.diamond-air.at); Diamond Aircraft Industries.

<sup>3</sup> Web Map Service; siehe [www.opengeospatial.org](http://www.opengeospatial.org).

### 3 Systemkomponenten

Unter Berücksichtigung der Anforderungen ergab sich für die Systemlösung ein Konzept mit den folgenden übergeordneten Komponenten (siehe Abb. 2):

- Luftsegment: Dieses ist in einem externen Rumpfaußenlastbehälter („Belly-Pod“) der DA42MPP integriert und umfasst das Sensor-Set zur Aufnahme der gewünschten Bilddaten sowie der Lage- und Orientierungsparameter der Plattform und einen Bordcomputer zur Kamerasteuerung, Vorverarbeitung der Bilddaten und deren Aufbereitung für den Daten-Downlink
- Übertragungssegment: Eine Line-of-Sight-Downlinkverbindung für die echtzeitnahe Bilddatenübermittlung an eine Bodenstation
- Bodensegment: Eine Basisstation für den Empfang und die Weiterverarbeitung der Bilddaten sowie die Visualisierungs- und Managementkomponente der Ergebnisdaten



**Abb. 2:** Systemübersicht

#### 3.1 Luftsegment und Sensorik

Für echtzeitnahe Anwendungen des Aufnahmesystems im Katastrophenschutz wurde folgendes multi-sensorales Kamera-Setup vorgesehen:

- Eine 39 Megapixel Hasselblad-Kamera (H3DII-39) zur Akquisition qualitativ hochwertiger RGB-Bilddaten. Die Daten dieser Kamera sind aufgrund des Datenvolumens und des Datenformats nicht für den Downlink und die echtzeitnahe Datenprozessierung geeignet, und wurden somit nur für Post-Prozessierungsszenarien vorgesehen. Mit dem verwendeten 50 mm-Objektiv wird eine Bodenauflösung von 16 cm bei 1.000 m, Flughöhe erzielt (Streifenbreite ca. 1.000 m).
- Eine 8 Megapixel Canon EOS 30D-Kamera zur Aufnahme optischer Bilddaten mit reduziertem Datenvolumen. Diese Daten sind nach entsprechender Kompression für die „Online“-Datenübertragung und NRT-Datenprozessierung geeignet. Mit dem ver-

wendeten 20 mm-Objektiv wird eine Bodenauflösung von ca. 32 cm bei einer Flughöhe von 1.000 m erreicht (Streifenbreite ebenfalls 1.000 m).

- Eine FLIR Photon 640 Thermalkamera (Datenvolumen 0.3 Megapixel). Mit dieser Kamera können Temperaturextremwerte gut visualisiert werden und somit für spezielle Anwendungen wie Waldbrände, Damm-Monitoring, Leitungskontrollen und Überwachungsaufgaben zielorientierte Bildinformation bereitgestellt werden. Mit dem verwendeten 50 mm-Objektiv ergibt sich bei einer Flughöhe von 1.000 m eine Bodenauflösung von knapp 60 cm sowie eine Querüberlappung von etwa 370 m. Zur Aufnahme einer den optischen Daten adäquaten Streifenbreite wurde eine Pendelbewegung der Kamera realisiert, welche eine Aufnahme von 5 Bildern quer zur Flugrichtung ermöglicht. Thermale Bildbeispiele sind in Abbildung 1 dargestellt.

Aufgrund des Datenvolumens ist eine Aufnahme eines optischen Bildes sowie der entsprechenden thermalen Bilddaten in einem Zeitintervall von 4 Sekunden vorgesehen.



**Abb. 3:** Thermalbild (links) in wolkenbedecktem Aufnahmebereich; Dammdurchnässung (rechts)

Um eine direkte, automatische Orthorektifizierung der Bilddaten unmittelbar nach der Übertragung zu ermöglichen, werden die Positions- und Orientierungsparameter (Metadaten) der Aufnahmeplattform mit geeigneten GPS/IMU-Komponenten aufgezeichnet, mit den Bilddaten zeitsynchron gekoppelt und zur Bodenstation übertragen. Hierfür wurde eine GNSS/IMS-Kombination (Novatel Propak-V3 + iMAR FSAS) gewählt, mit welcher eine für den Katastrophenschutz ausreichende Lagegenauigkeit erreicht wird (vgl. Kap. 4).

Das Luftsegment umfasst auch die am Bordcomputer installierte Software zur Ansteuerung der Kameras, zur Aufzeichnung der Bild- und Metadaten und zur Datenaufbereitung für den Downlink. Letztere umfasst das Zusammenführen von Bild- und Metadaten sowie die Datenkompression (RGB Bilder mittels JPEG2000 in guter Qualität mit dem Faktor 1:30 und in mittlerer Qualität mit dem Faktor 1:50) zur Reduktion des Datenvolumens für die Übertragung.

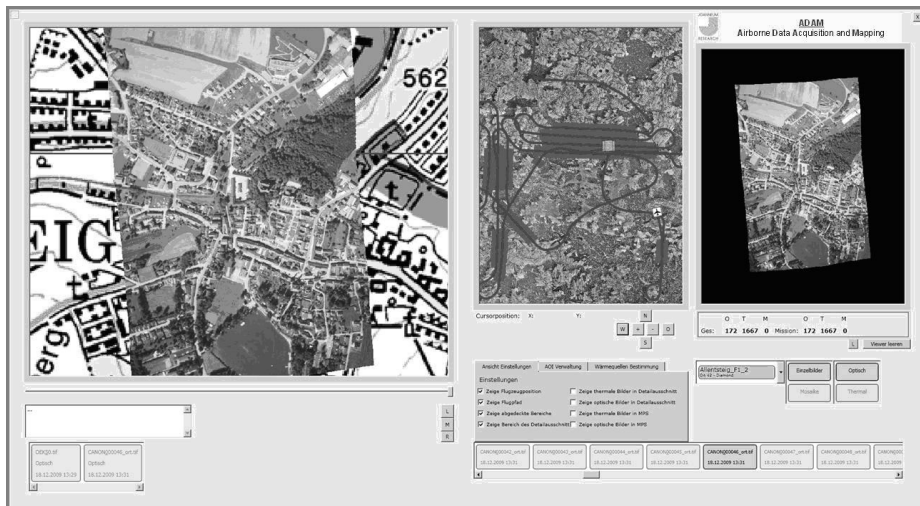
### 3.2 Übertragungssegment

Das Kommunikationssystem für die Datenübertragung über Sichtverbindung ist eine gemeinsame Entwicklung von TU-Graz und JOANNEUM RESEARCH. Es stellt eine transparente bidirektionale und verschlüsselte Datenverbindung zwischen der Flugplattform und

der Bodenstation bereit, welches mit 8 MBit / Sekunde einen echtzeitnahen Datendownload ermöglicht. Die Daten wurden danach an das Bodensegment zur weiteren Verarbeitung übergeben. Im Projekt wurde auch untersucht in wieweit sich eine Satellitenkommunikationsanlage zur Erhöhung der Reichweite und der Verfügbarkeit des Systems in eine DA42MPP integrieren lässt (KOUDELKA et al. 2008).

### 3.3 Bodensegment und Datenverarbeitung

Am Bodensegment werden die Daten empfangen, dekomprimiert und den Nutzeranforderungen folgend prozessiert. Vordergründig ist hierbei die echtzeitnahe Orthorektifizierung der Canon- und/oder der Thermal-Bilddaten. Diese erfolgt auf Standardworkstations typischerweise in ca. 5 Sekunden pro Bild, sodass dem Nutzer Ortholuftbilder eines gesamten Bildstreifens innerhalb von wenigen Minuten bereitgestellt werden können. Als weiterführende Prozessierungsoption ist eine automatische Mosaikierung einer Vielzahl von Ortholuftbildern vorgesehen, um einen flächendeckenden Überblick auch über ausgedehnten Geländebereichen (Flussläufe etc.) zu ermöglichen. Dies vereinfacht nachfolgende Datenverarbeitungsschritte erheblich. Die modulare Softwarekonzeption des Bodensegments unterstützt die effiziente Generierung und Implementierung weiterer problem- und anwendungsspezifischer Datenprozessierungsschienen. Zur Kontrolle der aktuellen Aufnahmesituation sowie der aufgenommenen Bereiche, zur Visualisierung der aufgenommenen bzw. prozessierten Bilddaten, zur Übersichtsdarstellung von Bildmosaikern, für multi-temporale Datenvergleiche sowie für einfache Hot-Spot-Analysen wurde ein geeignetes Datenverwaltungs- und Visualisierungssystem entwickelt (siehe Abbildung 4).



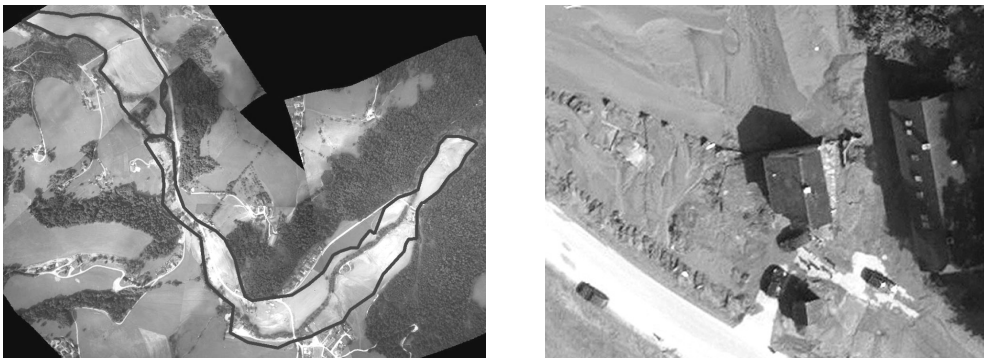
**Abb. 4:** Visualisierungs- und Managementmodul

Eine Weitergabe der ausgenommenen Daten an externe Systeme (z. B. Landes-GIS-Systeme, Lagebildsysteme des Katastrophenschutz, etc.) ist über OGC konforme Schnittstellen in Form eines WMS-Servers möglich. Auf diesem Weg können aktuelle relevante Daten nahtlos durch Experten im Planungsstab bei Einsätzen weiter genutzt werden.

## 4 Systemdemonstration

Neben grundlegenden Systemdemonstrationen wurde auch aus einem konkreten Anlass heraus am 24. August 2009 eine Befliegung eines Überschwemmungsgebietes im Raum Köflach (Weststeiermark) durchgeführt. Die Bodenstation war hierbei in Graz installiert. Aufgrund der geländebedingten Abschattung bei der Entfernung von ca. 32 km zwischen Bodenstation und Aufnahmegebiet und der gewählten Flughöhe war der Datendownlink für dieses Aufnahmevorhaben grenzwertig und die Bilddaten konnten teilweise erst nach Erreichen einer direkten Sichtverbindung des Flugzeugs an die Bodenstation übertragen werden. Die entsprechenden Orthobilder konnten demzufolge zwar erst mit dieser zusätzlichen zeitlichen Verzögerung, aber dennoch immer in einem Zeitraum von wenigen Minuten nach der Bildaufnahme generiert und bereitgestellt werden. Bildmosaik aus den aufgenommenen Hasselblad-Bilddaten wurden im Post-Processing generiert. Abbildung 5 zeigt einerseits einen Ausschnitt eines Canon-Bildmosaiks, mittels welchem die Wasseranschlagslinie manuell bestimmt wurde, sowie einen Detailausschnitt der hochauflösenden Hasselblad-Bilddaten mit einem stark vermurten Bereich.

Im Zusammenhang mit Naturgefahrenszenarien spielt der Faktor Zeit im Vergleich zur absoluten Pixellagegenauigkeit eine umso größere Rolle, je schneller sich die Situation in räumlichen Änderungen manifestiert. Eine absolute Lagegenauigkeit von mehreren Metern kann im Rahmen einer Echtzeit-Geokodierung und damit verbundenen Aufgabenstellungen durchaus akzeptabel sein. Unter den gegebenen Umständen folgen für das aktuelle GPS/IMU-Setup Genauigkeiten von  $\pm 1.2$  m in Lage und  $\pm 1.8$  m in Höhe für die Kameraposition (GPS), sowie von etwa  $\pm 0.02$  bis  $0.04$  Grad für die Rotationswinkel (IMU). Aus einer Fehlerfortpflanzungsanalyse wurde daraus ein prognostizierter Punktlagefehler im Bereich von 2 bis 4 m für das aktuelle Setup ausgewiesen (GUTJAHR et al. 2010). Diese Schätzungen wurden durch Direktvergleich der auf diese Weise gewonnenen und entzerrten Bilddaten mit hochgenau berechneten Orthobildern verifiziert. Eine weitere Optimierung ist durch Verwendung des Omnistar-Korrektursignals möglich, sodass Genauigkeiten im Submeterbereich erzielt werden können.



**Abb. 5:** Wasseranschlagslinie nach Hochwasser (links), Mure mit erfasstem Gebäude (rechts)

## 5 Systemmodifikation und Weiterentwicklung

Die im Rahmen des Projektes PUKIN durchgeführten einsatznahen Systemdemonstrationen haben einige Schwächen des Systems aufgezeigt. Vordergründig zu nennen sind die Nichtverfügbarkeit der qualitativ höherwertigen Hasselblad-Bilddaten für die echtzeitnahe Prozessierung sowie eine sub-optimale Synchronisation von Bild- und Metadaten-Aufzeichnungen. Aus diesen Erkenntnissen heraus wurde in weiterer Folge ein modifiziertes Kamera-Setup avisiert, in welchem die beiden optischen Kameras durch eine Prosilica GE4900C RGB-Kamera (19 Megapixel) ersetzt werden. Diese bietet einerseits eine der Hasselblad-Kamera adäquate Bildqualität, d. h. eine Bildpunktauflösung von ca. 15 cm bei einer Flughöhe von 1.000 m, und eignet sich andererseits auch für die echtzeitnahe Prozessierung. Weiters wurde die Synchronisation der Datenaufnahme optimiert.

Die Hardwarekosten werden bei diesem Setup im Bereich von etwa 120.000 € liegen (FLIR und RGB Kamera ~25 k€, GPS/IMU Kombination ~55 k€ und Downlink ~40 k€) und sind in Bezug auf das Preis-/Leistungsverhältnis jedenfalls im Low-Cost-Bereich angesiedelt.

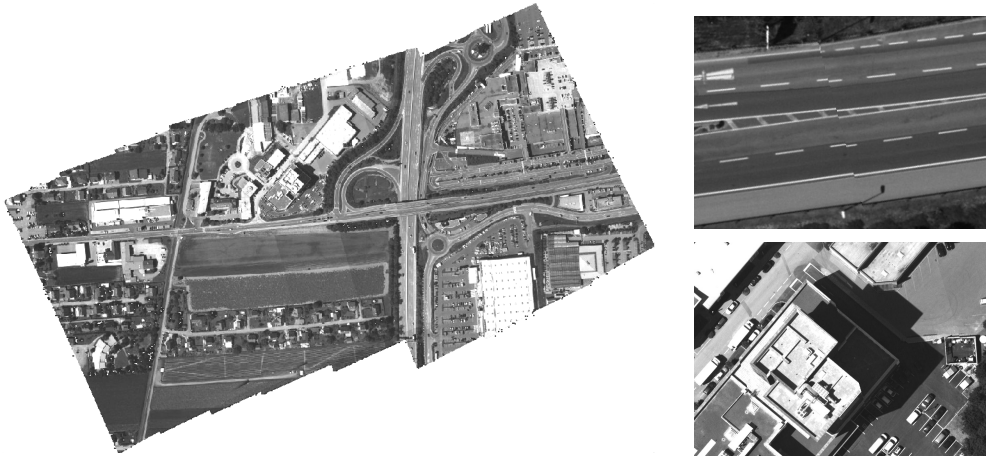
In einer provisorischen Integration wurde diese Kamera mit der optimierten Aufzeichnungssoftware mittels einer Hubschrauberbefliegung des für die Kamerakalibrierung verwendeten Passpunktfeldes getestet und die echtzeitnahe erzielbare Geolokalisierungsgenauigkeit analysiert. Aus 2 Befliegungen in 700 und 100 m über Grund wurden direkt entzerrte Ortho-Luftbilder sowie daraus resultierende Bildmosaiken generiert. In diesen Mosaiken wurden die für das Kalibrationsfeld verfügbaren Passpunkte gemessen. Quadratische (RMS) wie arithmetische Mittelwerte (MW) der dabei resultierenden Lagefehler sind in Tabelle 1 ausgewiesen. Die Lagefehler liegen für diese Daten und diese Flughöhen durchwegs im Submeter-Bereich.

**Tabelle 1:** 2D-Geolokalisierungsgenauigkeit der Bildmosaiken

Flughöhe	Pass-Punkte	RMS (m)		MW (m)	
		Ost	Nord	Ost	Nord
700 m	35	0.43	0.63	-0.01	0.11
1200 m	33	0.61	0.77	0.27	0.45

Ein Beispiel eines aus den Prosilica-Aufnahmen erstellten Bildmosaiks sowie Detailausschnitte sind in Abbildung 6 dargestellt. Die Detailausschnitte zeigen Übergänge zwischen benachbarten Einzelbildern des Bildmosaiks. Die Schnittstellen zeigen einen Versatz im Dezimeterbereich und sind in diesen Darstellungen kaum sichtbar.





**Abb. 6:** Orthobildmosaik und Detaildarstellungen

## 6 Schlussfolgerungen und Ausblick

Ein wichtiger Aspekt für eine effiziente Unterstützung in Entscheidungsprozessen ist die zielgruppenorientierte (Einsatzorganisationen, Entscheidungsträger, Experten, etc.), echtzeitnahe Generierung und zeitoptimierte Prozessierung von Daten und Informationen (ESRIF 2009). Mit den dargestellten Komponenten der flugzeugbasierten Low-Cost-Aufnahmeplattform lassen sich die Anforderungen, wie sie vom Katastrophenschutz gestellt werden, grundsätzlich erfüllen. Durch eine komponentenspezifische Anpassung der geometrischen Bildverarbeitungsalgorithmen für eine direkte Georeferenzierung können Lagegenauigkeiten von weniger als einem Meter erzielt werden. Der Informationsgehalt der Bilddaten reicht für die wichtigsten Szenarien des Katastrophenschutzes aus, was sowohl für die RGB-Daten als auch für die Thermalkameradaten gilt. Entwicklungen, die aktuell und in naher Zukunft zur Optimierung der Aufnahmeplattform und der Datenprozessierung vorgenommen werden, betreffen unter anderem folgende Punkte:

- Finale Integration der modifizierten Aufnahmeplattform mit der damit verbundenen Steigerung der Robustheit und der Echtzeitfähigkeit sowie zur verbesserten Ansteuerung und somit einer flexibleren Aufnahmesteuerung.
- Integration und Validierung einer alternativen, kostengünstigeren GPS/IMU Kombination (Preisreduktion um ca. 30 k€) welche für die Katastrophenszenarien ausreichende Lagegenauigkeiten liefert.
- Entwicklung von Algorithmen (Object Detection und Change Detection) zur automatischen Schadensdetektion und einsatzentscheidender Parameter (z. B.: Wasseranschlagslinien, Feuer-Hotspots).
- Ausbau des Bodensegments als vollwertiges „Decision Support System“
- Flexibilisierung der Sensorplattform für die Verwendung auf verschiedenen Trägerplattformen.

Für den Einsatz im Bereich des internationalen Katastrophenschutzes hat sich gezeigt, dass das dargestellte System einen entscheidenden Mehrwert in Bezug auf die rasche und flexible Datenerfassung als auch die Auswertung bietet und einen attraktiven Kostenfaktor darstellt.

## Literatur

- ALMER, A., SCHNABEL, T., GRANICA, K., HIRSCHMUGL, M., RAGGAM, H. & VAN DAHL, M. (2007): ASSIST, Alpine Safety, Security & Informational Services and Technologies. 13th EC GI&GIS Workshop. Porto, 4th July 2007.
- ALMER, A., SCHNABEL, T., RAGGAM, H., GUTJAHR, K. & VAN DAHL, M. (2007): Rapid Information Flow within a Crisis Management System. 27th Earsel Symposium, "Geoinformation in Europe", Bolzano, June 4th – 7th, 2007.
- ESRIF (2009): European Security Research & Innovation Forum; Final Report; ESRIF website: [www.esrif.eu](http://www.esrif.eu); ISBN 978-92-79-13025-0; December 2009.
- GRENZDÖRFFER, G. J. (2004): Digital Low-Cost Remote Sensing with PFIFF, the Integrated Digital Remote Sensing System. ISPRS 2004.
- GRUBER, M., WIECHERT, A. & LADSTÄTTER, R. (2009): UltraCam – digitale Luftbildkameras für alle Fälle. *Vermessung & Geoinformation*, 3/2009, S. 353-358.
- GUTJAHR, K., HAFNER, P., OFNER, M., LÄNGAUER, K., WIESER, M. & KÜHTREIBER, N. (2010): Performance of GNSS/IMS Integration Methods in Context of a Near Real-Time Airborne Mapping Platform. EuroCOW 2010: the Calibration and Orientation Workshop, Castelldefels, February 10th – 12th, 2010, ISPRS Commission III, WG III/1.
- KOUELKA, O., ROMANO, P., FLOHBERGER, M., SCHROTTER, P., KOGLER, W., SCHMIDT, M. & SCHARDT, M. (2008): An Airborne Platform For Disaster Management Using Advanced Satellite Communication. IAC 2008.
- KREMER, J. (2010): The Quattro DigiCAM – IGI's Versatile Aerial System for Various Aerial Imaging Tasks. DGPF-Tagungsband 19/2010, Seiten 623-630.
- PETRIE, G. (2011): Tiltan's Automated Geo-Map – A Highly Integrated Airborne Image Data Acquisition & Processing System. *Geoinformatics*, March 2011.
- RAGGAM, H., WACK, R. & GUTJAHR, K. (2006): Assessment of the Impact of Floods using Image Data acquired from a Helicopter. 26th Earsel Symposium, "New Developments and Challenges in Remote Sensing", Warsaw, 2006.
- ROSENBAUM, D., LEITLOFF, J., KURZ, F., MEYNBERG, O. & REITE, T. (2010): Real-time Image Processing for Road Traffic Data Extraction from Aerial Images. In: WAGNER, W. & SZEKELY, B. (Eds.): ISPRS TC VII Symposium, Vienna, July 5-7, 2010. IAPRS, Vol. XXXVIII, Part 7B.
- SCHARDT, M., RAGGAM, H., WACK, R., OFNER, M., GUTJAHR, K., FEISCHL, R., WINKLER, G. & KOUELKA, O. (2011): PUKIN (Periodische Überwachung kritischer Infrastrukturen) – Vorstellung einer flugzeugbasierten Low-Cost-Aufnahmeplattform für den für den internationalen Katastrophenschutz. Tagungsband „KIRAS Sicherheitsforschung“, 19. Januar 2011, S. 84-90.