

# Die Digitale Mapping Kamera DMC schliesst die digitale Prozesskette in der Photogrammetrie

Oliver Koepke, Christian Feix  
Z/I Imaging GmbH  
73431 Aalen

## Zusammenfassung

Das in stark zunehmenden Maße gebräuchliche Verfahren in der Photogrammetrie zur Orthophotoproduktion und Kartenherstellung stellt sich als eine Anzahl vielfältiger Einzelprozesse dar. Die Luftbildaufnahme ist einer dieser Schritte. Nach wie vor Stand der Technik sind filmbasierte Kameras mit analoger Datenaufzeichnung auf Film. Sie sind die letzte Lücke in dem ansonsten digitalen Prozess. Mit der Markteinführung der Digitalen Mapping Kamera (DMC) schliesst **Z/I Imaging** die digitale Prozesskette. Der Nutzen für den Anwender liegt in der Vereinfachung, Vereinheitlichung und Beschleunigung des gesamten Prozesses mit einer gleichzeitigen Erweiterung der Anwendungsmöglichkeiten sowie dem Erzielen von Qualitätsverbesserungen der Bilddaten durch die Digitaltechnik.

## Einleitung

Seit Jahrzehnten sind die vom Geschäftsbereich Photogrammetrie bei Carl Zeiss entwickelten Reihenmesskammern als Hochleistungssysteme für Luftaufnahmen weltweit erfolgreich im Einsatz. Dieser gesamte Geschäftsbereich wurde 1999 von Carl Zeiss in ein Joint Venture mit dem Photogrammetriebereich der Firma Intergraph eingebracht und etablierte sich als **Z/I Imaging**. Z/I Imaging verbindet somit die Kompetenz von Carl Zeiss auf den Gebieten der Optik und Feinmechanik mit Intergraph's weitreichender Erfahrung in der Entwicklung von Workstations und Software.

Die lange Tradition der Luftbildkameras wie RMK, LMK und RMK Top wird durch die Entwicklung der Digitalen Mapping Kamera DMC fortgeführt. Die DMC ist in modularer Bauweise konzipiert, um auch für die zukünftigen technologischen Fortschritte gewappnet zu sein, ohne das gesamte System neu aufbauen zu müssen. Der Kamerakonus der DMC hält 4 panchromatische und 4 multisppektrale synchron betriebene Kameramodule. Dieses Konzept der Mehrfachkamera erlaubt eine sehr hohe panchromatische Auflösung in Verbindung mit multispektralen Bilddaten.

## Bisheriger Hybrider Photogrammetrieprozess

Die Herstellung von Kartenmaterial oder Orthophotos stellt sich meist noch aus einer Anzahl verschiedener Teilprozesse analoger und digitaler Technologie dar. Die Arbeitsumgebungen sind nicht gleichartig und teilweise noch nicht auf dem gleichen Stand der Automatisierung. Der Bediener benötigt eine lange Ausbildung und Spezialwissen um mit den unterschiedlichen Softwaresystemen, Betriebssystemen, Bedieneroberflächen und Arbeitsstationen zurecht zu kommen.

### Bildflug:

Am Anfang der Prozesskette steht der Bildflug, der in der Vergangenheit manuell ausgeführt wurde. Zur Navigation diente ein Teleskop, das aus dem Flugzeug ragte. Mit diesem beobachtete der Navigator das Gelände unterhalb des Flugzeugs und führte den Piloten auf den gewünschten Fluglinien. Gleichzeitig orientierte er sich anhand einer Karte und betätigte die Kamera. Gut auswertbare Bilder hingen stark von der Erfahrung des Navigators ab.

Ein moderner Bildflug wird heute überwiegend automatisch durchgeführt. Dabei setzt die rechnerbasierte Flugplanung bereits vor dem Flug im Büro an. Auf der Basis digitaler Karten wird das zu kartierende Gebiet in Fluglinien und erforderliche Aufnahmepunkte eingeteilt, je nach Anforderungen an Überlappung und Photomassstab. Anhand dieser Planungsdaten führt ein Flugunternehmen dann den Bildflug aus. Die Navigation erfolgt mittels einer GPS-Einrichtung in Verbindung mit einem Flugmanagementsystem. Dieses Flugmanagementsystem leitet den Piloten und löst auch die Luftbildkamera aus. Während des Fluges speichert es einen Flugreport. Aus diesem generiert das Flugunternehmen entsprechende Dokumentationen zur Abrechnung und zum Nachweis des Bildfluges. Unverändert ist die Bildaufzeichnung auf den Film analog, lediglich der Aufnahmeprozess wurde automatisiert. Im Gegensatz dazu liefert der Bildflug mit der Digitalen Mapping Kamera sofortige digitale Bilddaten.

## Auswertung

Nach dem Bildflug mit Film werden die belichteten Filme im Fotolabor entwickelt und können dann herkömmlich **analytisch ausgewertet** werden. Für die Kartenherstellung werden jeweils zwei dieser Luftbilder in einen analytischen Stereoplotter eingelegt. Eine spezielle Optik ermöglicht dem Bediener eine räumliche Sicht. Durch das Nachfahren der Konturen, die der Bediener sieht, entsteht auf einem angeschlossenen, rechnerbasierten CAD-System die Karte. Für die Orthophotoproduktion wird ein anderes Gerät benötigt, ein Orthoprojektor. Mit diesem werden die Bilder einzeln umgebildet und auf einen weiteren Film projiziert. Das entstandene Bild montiert der Bediener von Hand zu einem Orthophoto zusammen.

In zunehmendem Maße löst die **digitale Auswertung** die analytische ab. Diese Auswerteprozesse laufen auf digitalen photogrammetrischen Workstations DPWS. Dabei handelt es sich um Hochleistungs-PC's mit entsprechenden Monitoren, die eine Stereobetrachtung der Bilder ermöglichen. Der Übergang der analogen Luftbilder in digitale Bilddaten erfolgt durch das Einlesen/Scannen der entwickelten Bilder nach dem Flug mit einem hochpräzisen photogrammetrischen Scanner. Dieser bietet die Möglichkeit einen kompletten Film auf einmal ohne Bedienereingriff, z. B. über Nacht, zu scannen. Mit Hilfe eines Softwarewerkzeuges wird die innere und äussere Orientierung durchgeführt und die Bilder miteinander verknüpft. Ein weiteres Werkzeug berechnet anschliessend die Aerotriangulation als Grundlage für die folgenden Prozessschritte. Zum einen ist das die Orthophotoproduktion bei der zuerst ein digitales Geländemodell aus den gebündelten Bildern erstellt wird. Darauf aufbauend bildet ein Programm die entsprechenden Bilder zu Orthophotos um und montiert sie nahtlos aneinander. Das Ergebnis kann auf einem Filmplotter ausgegeben werden. Zum anderen wird für die Herstellung von Karten eine CAD Software eingesetzt, die gleichzeitig die Luftbilder und die entstehende Zeichnung darstellen kann. Der Bediener fährt die Konturen nach und zeichnet so die Karten, ähnlich wie beim analytischen Stereoplotter. Die Zeichenfunktionen sind teilweise automatisiert und von einer Datenbank unterstützt, die die Objekte in Kategorien einteilt und ihre Eigenschaften speichert. So entstandene Karten lassen sich leichter aktualisieren und den Anforderungen anpassen.

## Entwicklungen zu filmbasierten Luftbildkameras

In den letzten zwei Jahrzehnten hat sich das Verfahren zur Herstellung von Luftbildern durch den Einfluss der Computertechnik stark verändert. Die früher gebräuchlichen elektromechanischen Kamerasysteme wurden durch Mikroprozessor gesteuerte Komponenten ersetzt.

Die in den Kameras eingesetzte Hochleistungsoptik von Carl Zeiss wurde verbessert um die Bildqualität signifikant zu erhöhen. Im Jahr 1983 wurde der Bildwanderungsausgleich (FMC) zum Standard in den Kamerasystemen. Dieser Ausgleich vermindert die Bildunschärfe durch die Vorwärtsbewegung des Flugzeuges während der Aufnahme. Mitte der neunziger Jahre wurde die manuell einstellbare Kameraaufhängung durch eine kreiselkompassstabilisierte Aufhängung ersetzt, die die Kamera unabhängig von den Flugzeugbewegungen, durch etwaige Turbulenzen, stets senkrecht nach unten richtet. In Verbindung mit FMC erreicht man eine full-Image-Motion Compensation IMC

Die Abwicklung von Bildflügen wurde durch die Einführung eines computerbasierten Flugmanagementsystems (T-Flight) wesentlich verändert. Dieses System besteht aus einem Planungsmodul, einem Navigationsmodul und einem Reportmodul. Das Planungsmodul unterstützt die Planung und Dokumentation vor dem Flug. Das Navigationsmodul, das im Flugzeug eingebaut ist, leitet den Piloten und löst die Kamera automatisch aus. Gleichzeitig werden die Flugdaten gespeichert, aus dem das Reportmodul eine Dokumentation des Fluges erstellt. Zur hochgenauen Navigation und Flugführung werden zunehmend werden differential GPS Receiver mit online Korrektur vorhandener GPS Fehler eingesetzt.

Grundlage für das T-Flight ist die Navigation mittels GPS-Technik, die mehr und mehr Einzug hält in der Befliegung. Zusätzlich werden geodätische zwei-Frequenz GPS-Empfänger mit entsprechender Genauigkeit im Flugzeug mitgeführt. Die Positionen während des Fluges, an denen die Luftbildkamera ausgelöst wird, werden im Empfänger gespeichert. Diese Positionsdaten werden dem Auswerteprozess zur Verfügung gestellt um die äussere Orientierung zu unterstützen. Man spricht hier von hochgenauer kinematischer Aufzeichnung der Projektionszentren. Dadurch wird eine drastische Verringerung der für eine Aerotriangulation notwendigen Bodenpaßpunkte erreicht.

**Z/I Imaging** bietet eine Positions- und Orientierungslösung, POS Z/I, an. Dabei handelt es sich um ein inertiales Messsystem (IMU) gekoppelt mit einem GPS-Empfänger. Das Resultat nach dem Flug sind die bis auf wenige Zentimeter genauen Bildpositionen mit den zugehörigen Orientierungswinkeln der Kamera. Diese Daten werden zur Vereinfachung der externen Orientierung bei der Aerotriangulation verwendet und beschleunigen den Arbeitsablauf erheblich. Gleichzeitig kann die Anzahl an Bodenkontrollpunkten stark verringert werden. Z/I hat zur automatischen Aerotriangulation das Softwarepaket ISAT entwickelt. Mit dem POS Z/I 510 besteht die Möglichkeit zur direkten

Georeferenzierung der Sensoren im Flug. Je nach verwendetem Bildmaßstab ist eine AT nicht mehr unbedingt notwendig.

**Z/I Imaging** ist in der Lage nicht nur die Luftbildkamera mit allen heute üblichen Zusatzkomponenten anzubieten sondern darüber hinaus sämtliche Softwarewerkzeuge, die für die digitale Photogrammetrie benötigt werden. Ständige Weiterentwicklung sorgt dafür dass die Produkte State-of-the-Art bleiben und die Anwender den grössten Nutzen daraus ziehen können.

## Luftbildkamarasystem RMK Top

Das Ergebnis von 90 Jahren Erfahrung bei Carl Zeiss und in der Fortführung bei **Z/I Imaging**, in der Entwicklung und Herstellung von Luftbildkameras, ist die Reihenmesskammer RMK Top. Sie ist heute die Standardlösung für die Photogrammetrie.



Abbildung 1: Luftbildkamarasystem RMK Top

Die besondere Qualität der Objektive sorgt für hochaufgelöste, geometrisch einwandfreie Bilder. Eine herausragende Bildqualität wird durch die Bewegungsunschärfekompensation d.h. dem Bildwanderungsausgleich FMC sowie durch die kreiselstabilisierte Kameraaufhängung gewährleistet. Durch den gepulsten Verschluss mit einer konstanten Zugriffszeit eignet sich die Kamera ideal für den GPS-gestützten Bildflug, da die Auslöseposition während des Fluges genau vorausberechnet werden kann. Das Kamerasystem kann einfach in ein Flugmanagementsystem T-Flight integriert werden, um den Bildflug zu automatisieren. Desweiteren bietet die extrem hohe Zuverlässigkeit der RMK Top Kamera dem Anwender den grösstmöglichen Nutzen für seine Bildflüge.

## Digitales Mapping Kamerasystem - DMC System

Aus dieser langjährigen Photogrammetrie-, und Kameraerfahrung heraus hat sich **Z/I Imaging** entschlossen, ein neues digitales Kamerasystem zu auf den Markt zu bringen, um den Entwicklungen in der Luftbildkameratechnik sowie der kompletten digitalen Prozesskette in der Photogrammetrie Rechnung zu tragen.



Abbildung 2: links: DMC Digitale Modulare Kamera in der stabilisierten Aufhängung T-AS  
mitte: Flugdatenspeicher MDR , rechts: Bodenstation PPS

Beim Digitalen Mapping Kamera System kommt als Flugmanagementsystem das neu konzipierte Airborne Sensor Management System (ASMS ) zum Einsatz. Über die einheitliche Bedienoberfläche erfolgt die Regelung aller im Flugzeug vorhandenen DMC Systemkomponenten als auch der flugzeugspezifischen Komponenten. Dies sind die kreiselstabilisierte Aufhängung T/AS, die DMC Kamera selbst, die GPS Antenne mit Receiver etc.. Im Gegensatz zum Film erzielt das Digitale DMC Kamerasystem Bilddaten, die auf Datenspeichersystemen, den Mission Data Recordern (MDR) direkt abgespeichert werden. Nach dem Flug werden diese entnehmbaren Datenspeicher in die Bodenstation PPS integriert. Für die geometrische und radiometrische Aufbereitung der Bilddaten fließen neben den Kalibrierdaten der DMC Kamera auch die bildspezifischen Daten wie Blende, Belichtungszeit, Temperaturen etc. mit ein. Die danach entstandenen, zusammengeführten und korrigierten hochgenauen Bilder liegen mit 12bit Datentiefe vor. Der Photomassstab wird bei der digitalen Bildaufnahme relativiert und die Geländeauflösung, der Bodenabdruck GSD, gewinnt entscheidend an Bedeutung. GSD steht für Ground Sampling Distance. Diese Angabe bezieht sich auf die Größe des erfassten Bereiches am Boden auf einen Bildpunkt des CCDs bezogen

## Systembeschreibung

Die in der folgenden Abbildung abgebildete typische Anordnung des DMC-Systems in einem Flugzeug ist vergleichbar mit bestehenden Installationen filmgestützter Kameras .

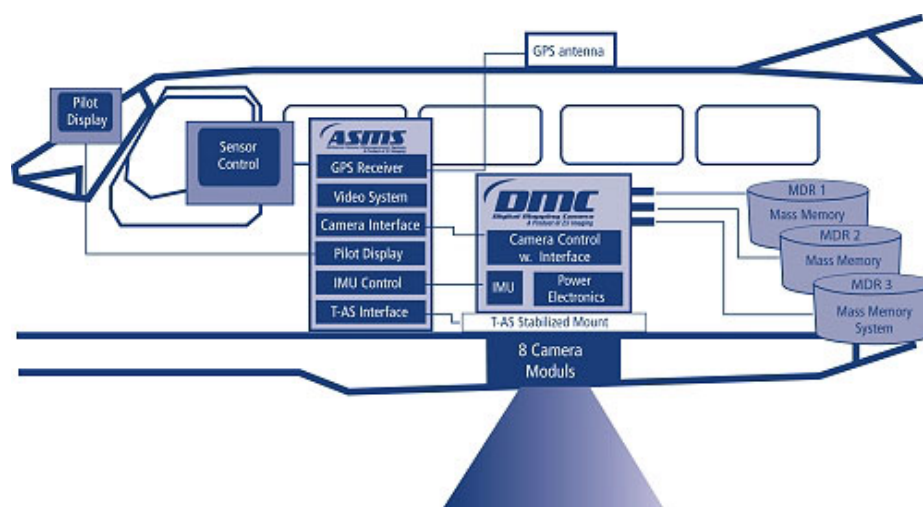


Abbildung 3: DMC Installation im Flugzeug

Die DMC Kamera besteht aus 2 Modulen, dem abnehmbaren Kamerakopf CEU, sowie dem optischen Konus, der CBU. Der Kamerakopf CBU der DMC entspricht in seinen Abmessungen in etwa der Kamera RMK TOP und passt somit in die gleiche kreiselstabilisierte Kameraaufhängung T-AS. Die Kamera selbst besteht aus einem Trägerrahmen für die Optik, welcher sich leicht in die Aufhängung einsetzen lässt. Das Gehäuse fasst 8 Kameramodule: 4 hochauflösende panchromatische Module und 4 multispektrale Module mit niedrigerer Auflösung. Besonderes Augenmerk galt einer starren, robusten Befestigung für die einzelnen Kameraköpfe, um eine genaue Ausrichtung der optischen Achsen zueinander zu gewährleisten. Oberhalb des Trägerrahmens befindet sich die Elektronikeinheit CEU für das Kamerasystem. Diese enthält die gesamte Steuerung zur Kontrolle der einzelnen Kameramodule, zur Erfassung der Bilddaten und zur Kommunikation mit dem Flugdatenspeicher MDR (Mission Data Recorder). Die Versorgungselektronik für die Verschlusseinheiten ist ebenfalls in der Elektronikeinheit integriert.

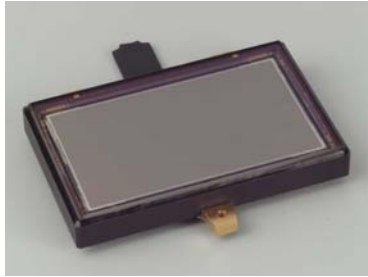
Die Bilddatenregelung übernimmt das Regelsystem ASMS (Airborne Sensor Management System) Das ASMS kommuniziert mit den Einzelkomponenten des DMC Systems, überwacht den Datenfluss und die Datenspeicherung auf die MDRs, zeichnet über den GPS Receiver und die IMU die GPS Signale auf und enthält die Missionsplanung. Eine Video-Schnellanzeige am ASMS Display dient der Betrachtung von Übersichtsbildern zur System- und Qualitätskontrolle.

Der Flugdatenspeicher MDR, der die Bilddaten aufnimmt, besteht aus einem RAID-Festplattensystem mit entnehmbaren Speichereinheiten. Das RAID-System befindet sich in einem getrennten Gehäuse und ist über eine schnelle digitale Standard-Schnittstelle an die Elektronikeinheit angeschlossen. Die Speicherlaufwerke sind in speziellen Gehäusen gegen Erschütterungen und Schock aufgenommen. Durch eine parallele Datenübertragung auf 3 Leitungen werden die Bilddaten der 8 Einzelkameras der DMC definiert auf die 6 entnehmbaren Speichereinheiten (Disk Packs) bei einer Datenrate von bis zu 1 Bild in 2 Sekunden aufgespielt. Dabei werden pro Bild ca 270MB an Daten übertragen und gespeichert.

Eine inertielle Messeinheit (IMU) kann optional in das System integriert werden und ermöglicht das Arbeiten ganz ohne oder mit einer reduzierten Anzahl von Bodenpasspunkten.

### **Digitaler CCD Flächensensor der DMC**

Kernstück des Systems ist der Kamerakopf mit dem CCD-Flächensensor als Schlüsselement.

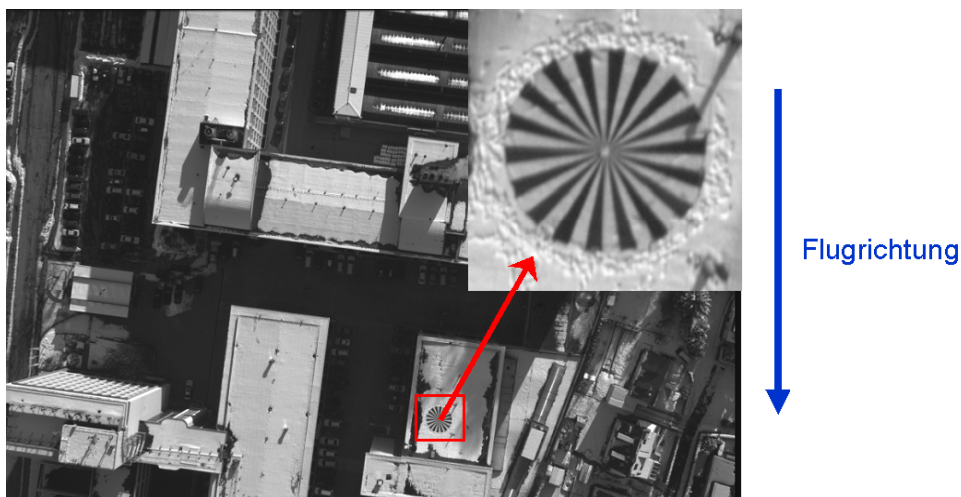


**Abbildung 4: CCD Sensor**

CCD ist die Abkürzung für Charge Coupled Device. Das bedeutet, dass die einzelnen Sensorbildpunkte, die Pixel, innerhalb einer Reihe elektrisch miteinander verbunden sind. Jedes Pixel wandelt die auftretende Lichtinformation in eine elektrische Ladung um. An einem Ende einer Reihe befindet sich ein Ausleseregister, das die Ladungswerte an die Auswerteelektronik weiterleitet. Zum Auslesen wird ein Taktsignal an dem CCD Sensor angelegt, das die Sensorpixel veranlasst, ihren Ladungswert an den benachbarten Pixel weiterzugeben. So wird eine Reihe Pixel für Pixel ausgelesen.

Bei den CCD-Sensoren handelt es sich um hochempfindliche, zweidimensionale Sensoren, die z. B. von DALSA/Philips in Eindhoven produziert werden. Zur Herstellung der Chips werden hochgenaue Lithographieobjektive von Carl Zeiss eingesetzt, welche die Präzision der Chips garantieren. Die Pixelgröße beträgt  $12\ \mu\text{m} \times 12\ \mu\text{m}$  auf einem Chip mit einer Anzahl von  $7000 \times 4000$  Pixeln. Die Chips werden in Spezialgehäuse geklebt um die Ebenheit bei Temperatur- und Luftdruckänderungen, wie sie im Flugbetrieb vorkommen, sicherzustellen.

Die CCD-Elektronik kann während der Bildbelichtung im zeitverschobenen Belichtungsmodus betrieben werden. Das Prinzip ist als TDI (Time Delayed Integration) bekannt, und bedeutet, dass während der Belichtung die von den Sensorpixeln aufgenommenen Lichtinformationen auf dem Chip weitergeschoben werden. Dadurch wird die Vorwärtsbewegung des digitalen Bildes elektronisch vollständig ausgeglichen (Hinz PhoWo '99). Das entspricht dem Bildwanderungsausgleich FMC, wie dies bei filmgestützten Kameras schon seit 1982 standardmässig der Fall ist. Bildunschärfen in Anwendungen mit niedrigen Flughöhen und hohen Auflösungen werden somit vermieden.



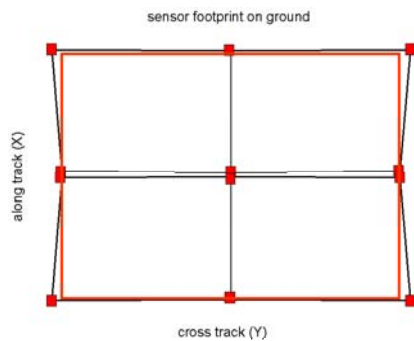
**Abbildung 5: Testflug über das Carl Zeiss Werk**

Das Bild 5 zeigt das Carl Zeiss-Werk in Oberkochen, aufgenommen während eines Probefluges in einer Flughöhe von 300m über dem Boden.

Der vollkommen symmetrisch aufgelöste Siemens-Stern (Durchmesser 6m) beweist den vollständigen Ausgleich der durch die Vorwärtsbewegung verursachten Bildunschärfe (hier 7 Pixel)

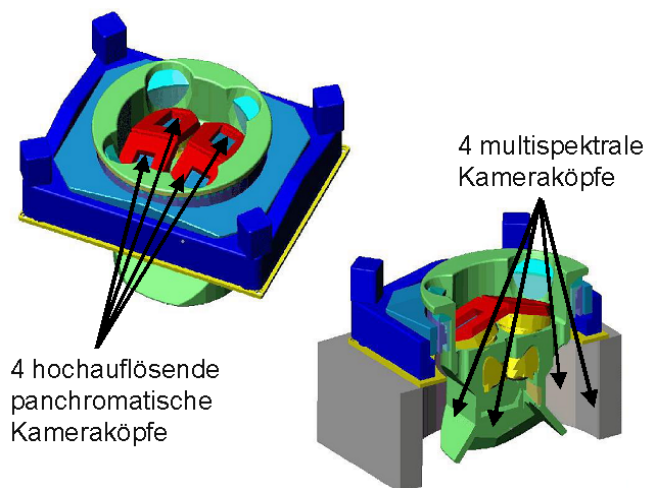
## Aufbau der DMC Optik

Für die Bildaufnahme ist es wesentlich, bei jeder Auslösung eine möglichst große Geländefläche zu erfassen. Dies wird durch den parallelen Einsatz mehrerer kompakter Kameramodule erreicht, wobei jeder CCD-Sensor über ein eigenes Objektiv verfügt. Die Module werden in leicht zueinander versetzten Bildwinkeln auf das Aufnahmegebiet gerichtet.



**Abbildung 6: Bodenabdeckung der einzelnen Kameraköpfe/Kameramodule**

Abbildung 6 zeigt die Flächenerfassung mit den 4 hochauflösenden panchromatischen Kameramodulen. Das modulare Konzept erlaubt eine problemlose Skalierung des Gesamtsystems. Die gleiche Fläche wird parallel dazu über jede der 4 multispektralen Kameramodule abgedeckt, um das erwünschte Farbbild zu erzielen. Der Gedanke, das Bildfeld durch eine Verbindung mehrere Objektivsysteme zu vergrößern, ist bereits seit den frühen Tagen der Luftbildphotographie bekannt. Damals war es nicht möglich Weitwinkelobjektive mit geringer Verzeichnung herzustellen, heute ist es noch nicht wirtschaftlich und technologisch ausgereift noch grössere wie die integrierten CCD Sensoren einzusetzen..



**Abbildung 7: Anordnung der Kameraköpfe/Kameramodule**

Abbildung 7 zeigt die Anordnung der 4 panchromatischen Kameramodule im Trägerrahmen für die Optik. Daraus ergibt sich eine Geländeauflösung des Systems von ca. 13.500 Pixel quer zur Flugrichtung und ca. 8.000 Pixel in Flugrichtung.

Das System ist zusätzlich mit vier weiteren Kameraköpfen ausgestattet, die am äußeren Rand des Trägerrahmens für die Optik montiert werden. Dies ermöglicht z.B. die Bilderfassung im Rot-, Grün-, Blaukanal sowie in einem separaten Infrarot-kanal zur gleichzeitigen Aufnahme von Bildern in Echt- und Falschfarben.

Um eine hohe Qualität beim Farbauszug zu gewährleisten, verfügt jeder Farbkanal über ein eigenes Objektiv, einen CCD-Chip und einen leistungsstarken Farbfilter aus anorganischem Material. Im Vergleich zum panchromatischen Kameramodul weisen die Farbkameramodule eine verringerte Geländeauflösung auf wobei die Objektive zentralperspektivisch nach unten blicken. In Abbildung 2 ist die dadurch entstehende Überlappung der Spektralkanäle (fett grau umrandetes Rechteck) und des panchromatischen Kanals (dünne schwarze Linien) dargestellt.

## **Zusammenführen der einzelnen Bilddaten in der Bodenstation PPS**

Ziel der im Anschluss an den Bildflug folgenden Bearbeitung ist die Vorbereitung der Originalaufnahmen für die Auswertung mit beliebigen Digitalen Photogrammetrischen Workstations (Diener et al, 2000).

Folgende Arbeitsschritte werden automatisch ausgeführt:

- Korrektur defekter und elektrisch schwacher Pixel
- Radiometrische Normalisierung durch Berechnung der Hell- und Dunkelwertkorrekturen zu jedem Pixel
- Geometrischen Korrektur der Objektivverzerrung
- Mosaik-Bildung aus den vier panchromatischen Einzelbildern mit geometrischer Umbildung und zyklischer Kontrollmessung
- Zusammenführung der RGB Kanäle durch Farbmatching
- Fusionierung des Farbbildes mit dem panchromatischen Bild zu dem sogenannten Farbkomposit

Fazit: Das entstandene Bild hat eine neue virtuelle Kammerkonstante und kann als ideales photogrammetrisches Bild angesehen werden. Die innere Orientierung ist nicht mehr notwendig.



**Abbildung 8: Mit dem DMC System von Z/I Imaging aufgenommenes Bild**

### **Vorteile der digitalen Aufnahmetechnik**

Durch die Verwendung digitaler Sensoren ergibt sich eine Zeitreduzierung und Kosteneinsparung für die Erzeugung von Luftbildern, da kein Photolabor zum Entwickeln der Filme benötigt wird und die Bilder nicht mehr gescannt werden müssen.

Die hohe radiometrische Auflösung ermöglicht Bildflüge an mehr Tagen im Jahr auch bei schlechteren Lichtverhältnissen, z.B. niedrigerem Sonnenstand. Im Gegensatz zum Film, bei dem der Kontrast im Entwicklungsprozess eingefroren wird, kann der Bediener im digitalen Bild das Histogramm ändern und so auch an dunkleren Stellen noch Details sichtbar machen. So sind selbst bisher im Film nicht sichtbare Schattendeatils (Wolken- und Gebäudeschatten, niedriger Sonnenstand) erkenn- und auswertbar. Im Auswerteprozess verringert sich enorm die Anzahl „nicht sicherer“ Objekte, der Kostenfaktor Feldvergleich verringert sich.

Durch die Verwendung des elektronischen Bildwanderungsausgleiches TDI in Verbindung mit einer kreiselstabilisierten Plattform wird, wie auch bei der RMK TOP, eine full-image-motion compensation (IMC) erreicht.

Mit der Verwendung stets desselben Sensors zur Luftbildaufnahme, dessen Eigenschaften in der Kalibrierung festgestellt wurden, ergibt sich eine enorme Qualitätssteigerung der Bilder. Im Zusammenführen der Bilddaten werden die Ungenauigkeiten herausgerechnet und die Farben reproduzierbar wiederhergestellt. Außerdem entstehen keine weiteren Verzerrungen durch Filmtransport und Entwicklung. Eine Kontrolle des Bildinhalts ist während des Fluges möglich und zwar über das integrierte Videosystem.

Die Modularität des Kamerasystems bietet die Möglichkeit, auch weiterhin das gesamte DMC System auf dem neuesten Technologiestand zu halten und nur die jeweiligen technologisch neuesten Module einzubauen, ohne eine Veränderungen der weiteren Komponenten vorzunehmen.

Es ergeben sich neue Anwendungsbereiche durch die gleichzeitige Verwendung von Panchromatischen, Farb-, und Infrarot-Kanälen. Das Ergebnis sind Echtfarben- und Falschfarben-Bilder mit exakt denselben Geländeabdeckungen. Diese werden in der Fernerkundung, Umweltforschung und der Land- und Forstwirtschaft eingesetzt.

Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass die gesamte bisherige Prozesskette bis auf die Bilddaten-digitalisierung beibehalten wird. Das DMC System bindet sich somit in den Prozessschritt Bildaufnahme und Digitalisierung der Bilddaten, d.h. Filmkamera und Scanner ein. Alle weiteren Komponenten wie Softwarepakete, Auswertewerkzeuge etc. bleiben weiterhin bestehen.

Nicht zuletzt kann die schnelle Bereitstellung von Bildern, eventuell auch der Rohbilder der Kameraköpfe, für das Katastrophenmanagement und zur Aufklärung verwendet werden.

## Arbeitsablauf und Bilddatenfluss

Wie schon im Kapitel Photogrammetrie-Prozess beschrieben, besteht der heutige Arbeitsablauf aus einer Abfolge verschiedenartiger Prozessschritte, die über manuelle Schnittstellen miteinander verbunden sind.

Über den ganzen Arbeitsablauf gesehen ist das ein hybrider Prozess, der mit der Luftbildaufnahme analog auf Film beginnt. Mit dem Scannen der Bilder ergibt sich der Übergang in die digitale Welt und wird dann mit digitalen Auswerteprozessen fortgeführt. Die rein analytischen, in unserer Betrachtung analogen, Auswerteprozesse, wie sie heute noch anzutreffen sind, verlieren mehr und mehr an Bedeutung. Sie werden von den digitalen Auswertungen abgelöst.

Mit dem Einsatz der Digitalen Mapping Kamera ist nun der Übergang auf einen reinen, 100%-igen digitalen Photogrammetrie-Prozess möglich geworden (Heier et al, 2001).

Welchen Vorteil hat der Anwender davon ?

Der Hauptvorteil des rein digitalen Verfahrens zusammen mit dem hohen Automatisierungsgrad ist eine Reduzierung der Schnittstellen zwischen den Prozessen. Damit geht eine Verringerung der möglichen Fehlerquellen einher was zu einer starken Steigerung der Zuverlässigkeit führt.

Der Vorteil wird noch vergrößert mit dem Einsatz eines leistungsfähigen Datenverwaltungssystems, das die entstehenden riesigen Datenmengen beherrscht. Der Anwender behält den Überblick über die Projekte und Bilddaten. Erst mit der digitalen Kamera DMC kann der ganze Prozess von der Bildflugplanung bis zur Orthofoto Erstellung und dessen Vertrieb seine ganzen Fähigkeiten entfalten.

## Fazit

Mit der Entwicklung des DMC Systems setzt **Z/I Imaging** die Tradition innovativer Kameratechnik auch in der Zukunft fort.

Durch das digitale Kamerasystem schliesst **Z/I Imaging** die digitale Prozesskette in der Photogrammetrie und der Fernerkundung.

**Z/I Imaging** setzt den reinen digitalen Prozess in die Realität um. Die einzelnen Prozesse sind dabei zu einem einheitlichen und automatisierten Prozess vereint. Somit entsteht ein Effektivitätsgewinn durch Schnittstellenüberwindung und standardisierter Datenformate. **Z/I Imaging** bietet hierzu die Gesamtlösung von der Missionsplanung, der Bildaufnahme über die Bildbearbeitung bis zur Bilddarstellung und dem Bilddatenversand .

Der Wert für den Anwender liegt somit nicht mehr in der Funktionalität der einzelnen Prozessschritte sondern in der Produktivität des gesamten Arbeitsablaufs d.h. die Anwendung des rein digitalen Photogrammetrieprozesses.

## Literatur

Diener S., Kiefner M., Dörstel C., 2000. Radiometric Normalisation and Colour Composite Generation of the DMC, IAPRS Vol. XXXIII, Amsterdam 2000 (noch nicht veröffentlicht)

Hinz, A., 1999. The Z/I Imaging Digital Aerial Camera System, Photogrammetrische Woche '99, Eds D. Fritsch / R. Spiller, Wichmann, Heidelberg

Heier, H., Dörstel, C., Hinz, A., 2001. The New Digital Modular Camera embedded into the Z/I Imaging workflow, ASPRS 2001, Annual Proceedings, St. Louis 2001 (noch nicht veröffentlicht)