



## UltraCam – digitale Luftbildkameras für alle Fälle

*Michael Gruber, Alexander Wiechert,  
Richard Ladstädter, Graz*

### Kurzfassung

UltraCamXp und UltraCamLp sind die neuen digitalen Luftbildkameras von Vexcel Imaging GmbH (ein Unternehmen im Eigentum von Microsoft Corp.) und wurden am XXI Kongress der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung 2008 in Beijing vorgestellt.

Die beiden Kameras unterscheiden sich durch das Bildformat – UltraCamXp ist mit 196 MegaPixel die derzeit größte digitale Kamera, UltraCamLp wird mit 92 MegaPixel etwa das halbe Format aufweisen (derzeit noch mit 64 Megapixel in Produktion) - haben aber beide eine geometrische Qualität und radiometrische Kapazität für alle photogrammetrischen Anwendungen.

Für UltraCamXp ist zusätzlich eine Weitwinkeloption vorgesehen. Damit wird die Aufnahme von kleinmaßstäbigen Projekten aus komfortablen Flughöhen gewährleistet und die UltraCam Serie abgerundet.

**Schlüsselwörter:** Photogrammetrie, digitale Luftbildkamera, UltraCam

### Abstract

UltraCamXp and UltraCamLp are digital aerial camera products offered by Vexcel Imaging GmbH – a Microsoft Company since May 2006. The introduction into the market was executed during the XXI Conference of the International Society for Photogrammetry and Remote Sensing in Beijing, 2008.

The cameras show different image formats – UltraCamXp is currently the largest digital aerial camera with 196 MegaPixel and UltraCamLp will have 92 Megapixels (today a 64 MegaPixel version is in operation). Both cameras show geometric and radiometric performance to support any kind of photogrammetric application.

In addition to the existing UltraCamXp a wide angle option is in preparation, which will serve for small scale data acquisition from a comfortable flying height.

**Keywords:** Photogrammetry, digital aerial camera, UltraCam

## 1. Einleitung

### 1.1 Entwicklung der UltraCam

Digitale Luftbildkameras für die photogrammetrische Anwendung werden von Vexcel Imaging GmbH seit etwa 6 Jahren angeboten. Das erste Produkt – UltraCamD – wurde am Österreichischen Geodätentag in Wels (April 2003) und im Rahmen der ASPRS Tagung in Anchorage, Alaska (Mai 2003) vorgestellt. UltraCamD konnte sich mit einem Bildformat von ca. 86 MegaPixel und einer Bildwiederholrate unter einer Sekunde erfolgreich am Markt behaupten. Durch verbesserte Angebote der Industrie im Bereich der Datenspeicherkapazität, der Datenübertragungstechnologie und durch die kontinuierliche Weiterentwicklung der CCD-Sensorkomponente konnte im Mai 2006 UltraCamX mit 136 MegaPixel gezeigt werden. Die Tagung der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung (ISPRS) im Juli 2008 in Beijing, China, bot die Gelegenheit, UltraCamXp mit einem Bildformat von 196 MegaPixel anzubieten. Zeitgleich wurde eine neue Produktlinie mit UltraCamLp angekündigt und mit der ersten

Auslieferung vorerst als UltraCamL im Mai 2009 manifestiert.

Die digitalen Kameras werden von Software für den Betrieb und die Prozessierung der Bild-daten unterstützt. Die Softwareentwicklung wird ausschließlich in Graz durchgeführt. Für die Fertigung der mechanischen, optischen und elektronischen Komponenten soll hier die Firma WILD Austria, Völkermarkt, als wichtigster Partner genannt werden.

### 1.2 Vexcel Imaging GmbH

Vexcel Imaging GmbH wurde 1992 von Dr. Franz Leberl in Graz eingerichtet und mit der Entwicklung von Filmscannern betraut. Mit UltraScan 5000 wurde das erste Produkt für photogrammetrische Anwendungen vorgestellt.

Die Entwicklung der digitalen Luftbildkamera UltraCam ab 2002 folgt dem bereits deutlich sichtbaren Trend zur digitalen Kameratechnologie. Vexcel Imaging GmbH hat die Einführung dieser Technologie entscheidend mitgestaltet und hat sich mittlerweile als weltweiter Marktführer von digitalen Großformatkameras etabliert.

Die Akquisition der Firma durch den amerikanischen Softwarekonzern Microsoft Corp. im Mai 2006 brachte entscheidende neue Aspekte in die Entwicklungsarbeit von Vexcel Imaging GmbH ein. Die Kamera wurde für das globale Datenerfassungsprogramm Virtual Earth (jetzt BING Maps) ausgewählt und gleichzeitig wurden Investitionen für die Entwicklung von Softwarekomponenten vorgenommen.

### 1.3 Kameradesign

Das Design digitaler Luftbildkameras mit großem Bildformat sieht – bis auf wenige Ausnahmen – eine Kombination mehrerer Kameraköpfe vor. Das ist verständlich, da bildgebende Sensoren in genügender Größe und Pixelanzahl noch nicht verfügbar sind oder mit einer ungenügenden Bildwiederholrate die photogrammetrische Anwendung einschränken [1], [5].

Das gilt auch für die Sensoreinheiten der UltraCam Serie. Das Design der Sensormodelle UltraCamD, UltraCamX, UltraCamXp sowie UltraCamXp w/a beinhaltet 8 Kameraköpfe mit 13 CCD-Sensormodulen. Dabei wird das panchromatische Bild aus vier Köpfen und 9 CCD Sensormodulen zusammengesetzt. Dazu kommen 4 Kameraköpfe für Rot, Grün, Blau und Infrarot (Abbildung 1). Für die neue Serie UltraCamL und UltraCamLp wurde eine etwas abgewandelte Bauweise gewählt. Insgesamt werden 4 Kameraköpfe eingesetzt. Das Panchromatische Bild entsteht aus zwei Köpfen, für Farbe wird ein Colorsensor mit Bayer-Filter und für Infrarot ein zusätzlicher Kamerakopf mit entsprechendem Filter eingesetzt.

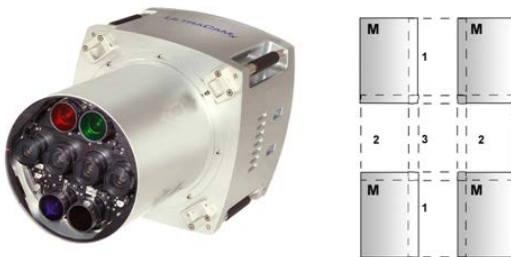


Abb. 1: UltraCamXp mit den 8 Kameraköpfen (links) und einem aus 9 CCDs und 4 Kameraköpfen zusammengesetzten panchromatischen Bild mit 17310 \* 11310 Pixel (rechts). Die Bezeichnung ‚M‘ deutet auf die 4 CCDs des sog. MasterCone hin.

Die parallele Ausrichtung der Kameraköpfe und das zeitversetzte ‚syntopische‘ Aufnahmeprinzip sind spezifische Eigenschaften der Vexcel – Kameras und erlauben das geometrisch korrekte Zusammenfügen der Teilbilder in ein

großformatiges perspektives Flächenbild. Die Kompensation der Flugbewegung wird auf elektronischer Ebene realisiert und kann ohne mechanisch bewegte Teile erfolgen.

Die panchromatische Aufnahme wird von vier Farbköpfen begleitet. Diese liefern die drei Primärfarben des sichtbaren Spektrums und nahes Infrarot. Die Farbauszüge mit geringerem Bildformat werden bei der digitalen Entwicklung der Bilddaten auf die Geometrie des panchromatischen Bildes registriert.

### 1.4 Bildqualität

Die Bildqualität von digitalen Luftbildkameras kann in radiometrischer wie auch geometrischer Hinsicht beurteilt werden. Wir zeigen hier die radiometrische Bandbreite aus einer großmaßstäbigen Aufnahme mit feinen Schattierungen und Strukturen (Abbildung 2). Der Grauwertebereich liegt bei über 5000 Graustufen (12.5 bit) und die Bodenauflösung bei 3 cm (Flughöhe 500m über Grund). Die hohe geometrische Qualität der UltraCam (< 2µm) wird durch sorgfältige Kalibrierung im hauseigenen 3D-Testfeld garantiert [2].

## 2. Die neuen Kameramodelle

### 2.1 UltraCamXp

Das Flaggschiff der Kamerareihe wurde im Juli 2008 am XXI Kongress der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung (ISPRS) in Beijing vorgestellt und wird mittlerweile weltweit in der photogrammetrischen Datenerfassung eingesetzt (Abbildung 3). Die wichtigsten technischen Parameter der Kamera sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Mit dem Bildformat von 196 MegaPixel ist UltraCamXp die gegenwärtig größte digitale Luftbildkamera und erlaubt daher einen wirtschaftlichen und produktiven Einsatz bei der photogrammetrischen Datenerfassung [4].

Die wichtigsten Kameraparameter sind nachfolgender Liste zu entnehmen:

- Bildformat 17310 x 11310 Pixel bzw. 104 x 68 mm (Bildgröße 196 Megapixel)
- 6 µm CCD Sensor (DALSA FTF 6040 M)
- Nennbrennweiten von 100 mm (PAN) bzw. 33 mm (Multispektral)
- Speicherkapazität von 6600 Aufnahmen mit einer einzigen Speichereinheit
- Schneller Datentransfer für das Post-Processing mit der neuen Docking Station



Abb. 2: Aufnahme aus einem Bildflug mit UltraCamXp über Leibnitz, Steiermark, aus einer Höhe von 500 m über Grund. Die Bodenauflösung beträgt 3 cm.



Abb. 3: UltraCamXp mit der Sensoreinheit (rechts), der Datenerfassungseinheit (links) und dem Benutzerterminal (mitte).

## 2.2 Die Weitwinkel-Variante

Eine Variante der Kamera mit einer Brennweite von 70 mm ( $w/a$  = Wide Angle) ist derzeit in Entwicklung und wird bis Jahresende zur Verfügung stehen. Vexcel Imaging wird damit erstmals eine digitale großformatige Luftbildkamera mit zwei unterschiedlichen Brennweiten anbieten. Das Einsatzgebiet der Kamera mit kurzer Brennweite sind Projekte mit kleineren Bildmaßstäben die so aus geringeren Höhen erfolgen werden können. Aus einer Flughöhe von 5800 m wird mit der UltraCamXp  $w/a$  eine Bodenauflösung von 50 cm und eine Streifenbreite von 8655 m erreicht.

## 2.3 Die Mittelformatkamera UltraCamLp

Die neue Mittelformatkamera UltraCamLp, eine Ergänzung zur digitalen Großformatkamera, wurde im Juli 2008 in Beijing angekündigt und im Mai 2009 erstmals an Kunden geliefert. Das Bildformat wird mit 92 MegaPixel etwa halb so groß sein wie das der UltraCamXp (bis Ende 2009 wird UltraCamL mit 64 MegaPixel Bildformat ausgeliefert).

UltraCamLp wird als vollständige digitale Luftbildkamera für photogrammetrische Anwendungen verstanden. Die Kamera leistet die gleichzeitige Aufnahme von Farbe und Infrarot, ist mit einer elektronischen Flugbewegungskompensation ausgestattet und erzeugt Bildfolgen in einem Intervall von 2.5 sec (siehe Tabelle 2). Die geometrische Bildqualität wird durch Bauweise und Kalibrierung sichergestellt und entspricht dem hohen Niveau der erfolgreichen Baureihe UltraCamX und UltraCamXp. Durch die geringe Größe von modernen Elektronikkomponenten und nicht zuletzt durch die Nutzung von SSD Speichermodulen kann UltraCamLp sehr kompakt gebaut werden. Sensorik, Datenerfassung, Datenspeicherung sowie der IMU – Behälter finden im Sensorkopf Platz. Die Handhabung der Kamera, insbesondere Ein – und Ausbau wird wesentlich erleichtert, kleiner Flugzeugtypen können problemlos genutzt und damit flexible und wirtschaftliche Rahmenbedingungen geschaffen werden.



Abb. 4: UltraCam L mit dem Integrierten Kamera-Datenerfassungsteil und dem Benutzerterminal (links vorne).

Die Entwicklung und Herstellung der Objektiv für die panchromatischen Kameraköpfe mit 70 mm Nennbrennweite und einem Auflösungsver-

mögen von 80 lp/mm wurde von LINOS GmbH, München durchgeführt. Für den multispektralen Teil konnten die bereits bei UltraCam Xp eingesetzten Vexcel-Linos Objektive mit 33 mm Brennweite verwendet werden.

### 3. UltraMap Software

UltraMap ist das neue Softwareprodukt von Vexcel und bietet alle Funktionen zur digitalen Entwicklung für UltraCam Bilddaten sowie zum kontrollierten Kopieren der Rohdaten nach der Landung, zur ersten Qualitätskontrolle und zur Visualisierung von Bildverbänden aus mehreren tausend Einzelbildern.

UltraMap unterstützt die Verarbeitung von großen Bilddatenmengen durch verteiltes Rechnen mit bis zu 50 Prozessoreinheiten und nützt mo-

Digital Camera Technical Data (Sensor Unit S-Xp)	
Panchromatic image size	17,310 * 11,310 pixels
Panchromatic physical pixel size	6 µm
Input data quantity per image	624 Mega Bytes
Physical format of the focal plane	103.9 mm * 68.4 mm
Lens system	Apo-Sironar digital HR
Panchromatic lens focal distance	100 mm
Lens aperture	f= 1/5.6
Angle-of-view from vertical, cross track (along track)	55° (37°)
Color (multi-spectral capability)	33 mm
Color image size	5,770 * 3,770 pixels
Color physical pixel size	6 µm
Lens system	Linos Vexcel Apo-Sironar digital HR
Color lens system focal distance	33 mm
Color lens aperture	f = 1/4.0
Color field of view from vertical, cross track	55° (37°)
Shutter system	Prontor magnetic 0 – Vexcel
Shutter speed options	1/500 to 1/32
Forward-motion compensation (FMC)	TDI controlled
Maximum FMC-capability	50 pixels
Pixel size on the ground (GSD) at flying height of 1000 m (at 500m)	6.0 cm (3.0 cm)
Frame rate per second (minimum inter-image interval)	1 frame per 2 seconds
Analog-to-digital conversion	14 bits
Radiometric resolution in each color channel	>12 bit
Physical dimensions of the camera unit	45cm x 45cm x 60 cm
Weight	~ 55 kg
Power consumption at full performance	150 W
Abweichende Parameter der UltraCamXp w/a:	
Panchromatic lens focal distance	70 mm
Angle-of-view from vertical, cross track (along track)	73° (52°)
Color lens system focal distance	23 mm
Color field of view from vertical, cross track (along track)	73° (52°)

Tabelle 1: Technische Spezifikation UltraCamXp und UltraCamXp w/a

Digital Camera Technical Data (Sensor Unit S-Lp)	
Panchromatic image size	11,704 * 7,920 pixels
Panchromatic physical pixel size	6 $\mu$ m
Physical format of the focal plane	67.9 mm * 47.5 mm
Lens system	Linor Vexcel Apo-Sironar digital HR
Panchromatic lens focal distance	70 mm
Lens aperture	f= 1/5.6
Angle-of-view from vertical, cross track (along track)	52° (37°)
Color (multi-spectral capability)	True color & NIR
Color image size	5,320 * 3,600 pixels
Color physical pixel size	6 $\mu$ m
Lens system	Linor Vexcel Apo-Sironar digital HR
Color lens system focal distance	33 mm
Color lens aperture	f = 1/4.0
Color field of view from vertical, cross track	52° (37°)
Shutter system	Prontor magnetic 0 – Vexcel
Shutter speed options	1/500 to 1/32
Forward-motion compensation (FMC) for PAN, RGB and NIR	TDI controlled
Maximum FMC-capability	50 pixels
Pixel size on the ground (GSD) at flying height of 900 m (at 500m)	8 cm (4.3 cm)
Frame rate per second (minimum inter-image interval)	1 frame per 2.5 seconds
Analog-to-digital conversion	14 bits
Radiometric resolution in each color channel	>12 bit
Physical dimensions of the camera unit	45 cm x 45 cm x 80 cm
Weight	~ 55 kg
Power consumption at full performance	~220 W

**Tabelle 2:** Technische Spezifikation UltraCamLp

derne Methoden zur Visualisierung großer Bildmengen mit einer radiometrischen Bandbreite von 16 bit.

### 3.1 Visualisierung und Interaktion

Das von Microsoft Live Labs entwickelte Visualisierungstool Seadragon mit dem dafür optimierte Bilddatenformat wurde für UltraCam Bilder adaptiert und in die UltraMap Software eingebunden. Dadurch wird die effiziente Darstellung großer Bildverbände mit über 5000 Bildern gelöst und mehr als 1 TeraPixel problemlos verwaltet. Wichtige Darstellungsmöglichkeiten und Interaktionshilfen sind nachfolgend angegeben:

- Die Footprint-Ansicht zeigt die Projektion der Bilder auf den Boden (mittels GPS/IMU-Daten).
- Die Indexmap zeigt den Block der georeferenzierten Bilder mit stufenlosem Zoomfaktor.
- Die Heatmap zeigt den Grad der Überlapung farbcodiert an und erlaubt das schnelle Erfassen der Streifen-Anordnung.

- Die Bildinhalte können durch zusätzliche Informationen (ID's, Projektionszentren, Passpunkte, etc.) überlagert werden.

### 3.2 UltraMap AT

UltraMap AT bietet eine effiziente und moderne Triangulationslösung für UltraCam Bildverbände. Das Modul arbeitet als Erweiterung von UltraMap AT und nützt daher die Möglichkeit des verteilten Rechnens sowie die Visualisierung auf Basis der Dragonfly Technologie [6]. Der AT-Arbeitsablauf birgt ein robustes und kontrolliertes Verfahren, das in einem ersten Schritt Verknüpfungspunkte zwischen Bildern erzeugt, mehrfache Überlappungen berücksichtigt und auch unterschiedliche Bildmaßstäbe verarbeitet. In einer iterativen Schrittfolge werden eventuelle Fehlmessungen eliminiert und der bereinigte, redundante Datensatz einer Bündellösung zugeführt. Diese wird mit dem integrierten Softwareprodukt BINGO [3] berechnet und die Ergebnisdaten zur Verfügung gestellt. Abbildung 5 zeigt eine Seite der graphischen Benutzerschnittstelle mit Bilddaten und überlagerten Messpunkten.

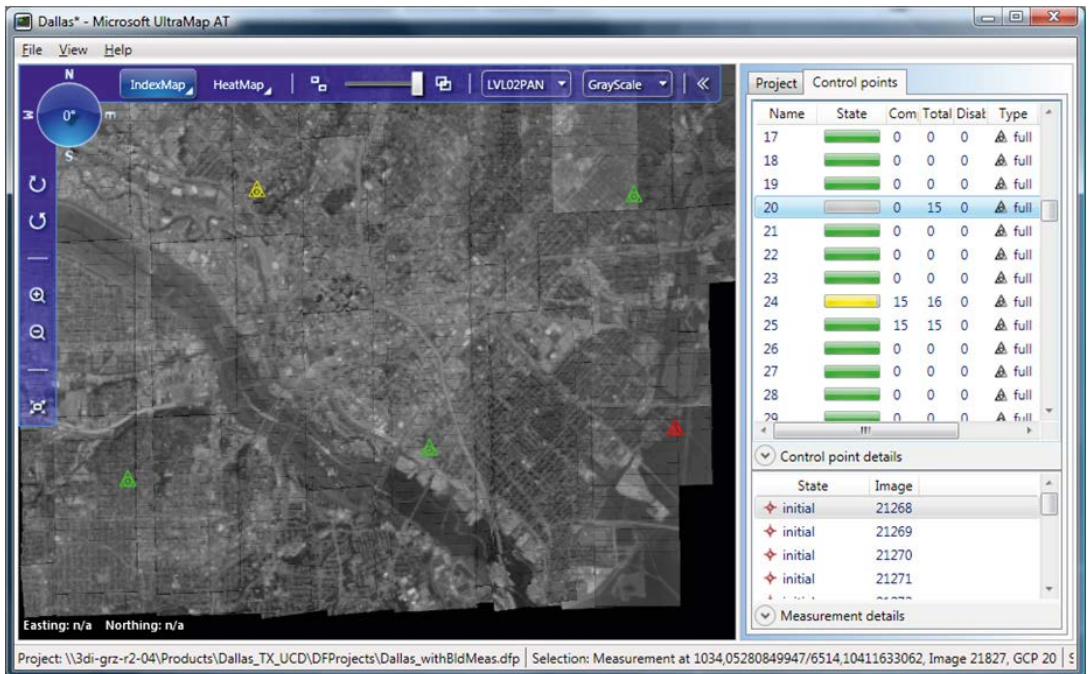


Abb. 5: Interaktives Messen von Punkten mit UltraMap AT mit der Überlagerung über dem genäherten Bildmosaik und Detailinformation zu den Punktdaten.

#### 4. Literaturverzeichnis

- [1] Gruber, M., 2007: UltraCamX, the new digital aerial camera system by Microsoft Photogrammetry, Proceedings of the Photogrammetric Week 2007, Stuttgart.
- [2] Gruber, M., Ladstädter, 2008: Calibrating the digital large format aerial camera UltraCamX. International Calibration and Orientation Workshop EuroCOW 2006 Proceedings, January 2008, Castelldefels, Spain.
- [3] Kruck, E., 1984: BINGO: Ein Bündelprogramm zur Simultanausgleichung für Ingenieur Anwendungen. Möglichkeiten und praktische Ergebnisse, International Archive for Photogrammetry and Remote Sensing, Rio de Janeiro 1984.
- [4] Ladstädter, R., Gruber M., 2009: Leistungsdaten der digitalen Luftbildkamera UltraCamXp, DGPF Tagungsband 18, Jena 2009.
- [5] Leberl, F. et al., 2003: The UltraCam Large Format Aerial Digital Camera System, Proceedings of the American Society For Photogrammetry & Remote Sensing, 5-9 May, 2003, Anchorage, Alaska.
- [6] Reitingner, B. et al., 2008: DragonFly – Interactive Visualization of Huge Aerial Image Datasets, Proc. of ISPRS 2008, Seite 491-494.

#### Anschrift der Autoren

Dr. Michael Gruber, Vexcel Imaging / Microsoft Photogrammetry, Anzengrubergasse 8, A-8010 Graz.

E-Mail: michgrub@microsoft.com

Dipl. Wirtschaftsing. Alexander Wiechert, Vexcel Imaging / Microsoft Photogrammetry, Anzengrubergasse 8, A-8010 Graz.

E-Mail: alwieche@microsoft.com

Dr. Richard Ladstädter, Laboratoriumstr. 29b, A-8053 Graz.

E-Mail: richard.ladstaedter@alumni.TUGraz.at

#### Vortragender

##### Dr. Michael Gruber

1959 geboren

Studium Vermessungswesen an der TU Graz

1997 Promotion

##### Berufliche Laufbahn:

Institut für Digitale Bildauswertung des Joanneum Research

Assistent an der Abteilung für Photogrammetrie und Fernerkundung

Institut für Maschinelles Sehen und Darstellen

Oktober 1999 Vexcel Imaging GmbH

seit 2006 Microsoft Virtual Earth Program

Michael Gruber ist Autor und Co-Autor mehrerer US Patente, darunter Patente für den Filmscanner UltraScan5000 und die digitale Luftbildkamera UltraCam. 