

| | |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Zeitschrift: | Geomatik Schweiz : Geoinformation und Landmanagement = Géomatique Suisse : géoinformation et gestion du territoire = Geomatica Svizzera : geoinformazione e gestione del territorio |
| Herausgeber: | geosuisse : Schweizerischer Verband für Geomatik und Landmanagement |
| Band: | 103 (2005) |
| Heft: | 9 |
| Artikel: | Erfahrungen mit dem ADS40 Luftbildsensor und dem digitalen Arbeitsablauf |
| Autor: | Rohrbach, A. |
| DOI: | https://doi.org/10.5169/seals-236255 |

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 09.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Erfahrungen mit dem ADS40 Luftbildsensor und dem digitalen Arbeitsablauf

Nach der Lieferung der ersten ADS40 Luftbildsensoren im Jahre 2001 an Kunden in Japan und den USA, war die photogrammetrische Gemeinschaft gespannt zu erfahren, ob sich dieser erste kommerziell erhältliche Sensor zur digitalen Luftbildaufnahme in der Praxis auch gewinnbringend einsetzen lässt. Dieser Bericht beleuchtet Hindernisse, welche die innovative Technologie auf dem Weg zur praktischen Anwendung zu überwinden hatte.

Après la livraison des premiers capteurs pour photos aériennes ADS40 en 2001 pour des clients au Japon et aux États-Unis, la communauté photogrammétrique était curieuse d'apprendre si ce premier capteur de prises de vues aériennes numériques disponible sur le marché pouvait, dans la pratique, être utilisé à but lucratif. Cet exposé éclaire les obstacles qu'une technologie novatrice avait à surmonter dans la voie menant à l'application pratique.

Dopo la fornitura dei primi sensori per riprese aeree ADS40 a clienti in Giappone e negli USA, la comunità fotogrammetrica era curiosa di sapere se questo primo sensore, immesso sul mercato per le foto aeree digitali, fosse redditizio. Questo articolo illustra le difficoltà che devono essere superate dalla tecnologia innovativa per intraprendere la via delle applicazioni pratiche.

A. Rohrbach

Der digitale Arbeitsablauf

Schon rasch nach den ersten kommerziellen Flügen zeigte sich, dass ein wirtschaftlicher Einsatz dieser Luftbildsensoren nicht nur von der Zuverlässigkeit des Sensors abhing, sondern dass auch ein nahtloser digitaler Arbeitsablauf verfügbar sein muss. Da im direkt digitalen Arbeitsfluss ein Photolabor und die Digitalisierung von Luftbildern entfallen, war die Erwartung bezüglich der Produktivität dieses vollständig digitalen photogrammetrischen Arbeitsablaufes sehr hoch. Kinderkrankheiten im System lagen mehrheitlich beim Kopieren der Daten vom Flugspeicher zum Bürospeicher. Auch die Verarbeitung der unerwartet grossen Datenmengen bereitete vielen Erstanwendern Startschwierigkeiten. Eine Stunde Fotoflug ergibt bis zu 100 GB Daten. Zur schnellen Datenverarbeitung der grosse Flächen deckenden Projekte in

den USA wurden Rechenanlagen mit Zwischenspeichern in der Grösse von mehreren Dutzend Terabyte eingesetzt. Es wurden zudem Rechner verwendet, welche eine verteilte, parallele Verarbeitung der Bildstreifen erlaubten. Die langen Bildstreifen des ADS40 Luftbildsensors eignen sich hervorragend zur verteilten, parallelen Verarbeitung, denn die Bilddaten der einzelnen Farbkanäle können parallel entpackt und entzerrt werden. Im Leica Geosystems Arbeitsfluss wurden anfänglich die Socet Set Programme von BAe ein-

gesetzt, welche Leica seit 1992 erfolgreich im Markt vertrieb. Seit kurzem bietet Leica Geosystems auch für ADS40 Bilddaten einen vollständig aus dem eigenen Hause stammenden digitalen Arbeitsablauf: Leica Photogrammetry Suite – LPS Service Pack 2.

Mitte 2005 hat Leica die kanadische Firma Terramatics erworben. In Kürze wird dadurch der digitale Arbeitsablauf mit einem eigenen GPS/IMU Flugbahn-Berechnungsprogramm ergänzt.

Die ersten Erfahrungen und Anwendungen des ADS40 Luftbildsensors

Den innovativen Firmen, welche das Potenzial des vollständig digitalen Arbeitsablaufes erkannten, war klar, dass der, im Vergleich zu den filmbasierten Kameras doppelte Preis eines Luftbildsensors eine grössere jährliche Amortisation benötigt. In Japan, USA und Australien standen grosse Projekte an, weshalb Anwendern in diesen Ländern die Investition leicht fiel. In Europa fand der Wechsel zum direkt digitalen Weg anfänglich etwas zögerlich statt. Die damals eher kleinen Projekte wirkten investitionsdämpfend.

In den USA waren vor allem die NAIP-Programme des Landwirtschaft-Departments der Grund dafür, dass der ADS40 Luftbildsensor Marktführer ist. Es stehen 15 ADS40 im Einsatz. Vier Luftbildfirmen haben zwei oder mehr ADS40 angeschafft. In Japan war es vor allem der Bedarf nach grossmassstäblichen, flächen-deckenden Orthophoto-Karten in städti-

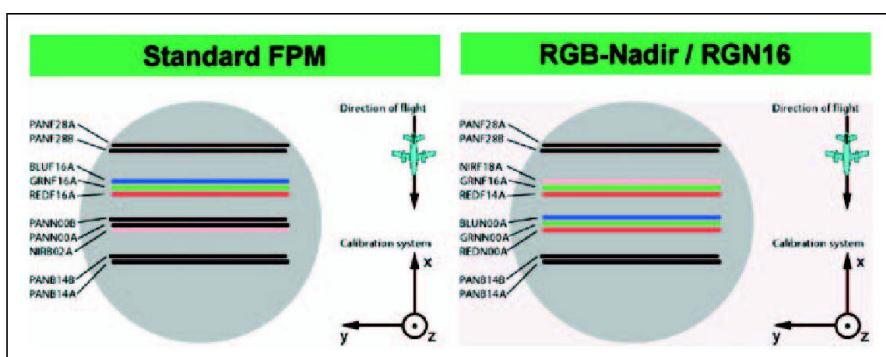


Abb. 1: Standard-Fokalplatte und Fokalebene mit RGB im Nadir / RGN 16.

schen Gebieten, welche die grösste Luftbild-Aufnahme-Firma dazu bewog, gleich drei Luftbildsensoren zum Einsatz zu bringen. Und in Australien war es das Verteidigungs-Departement, welches sich wegen der Möglichkeit des schnellen, passpunktlosen Kartierens für diesen Luftbildsensor entschloss.

Anpassung der Fokalplatte an die Marktbedürfnisse

Der grosse, steigende Bedarf an flächen-deckenden Farb- und Falschfarben Orthophotokarten in den USA bewirkte, dass die ADS40 mit einer weiteren Fokalplatte angeboten wird. Damit wird einem Kundenbedürfnis entsprochen. Diese Fokalplatte hat anstelle der panchromatischen- und infrarot-empfindlichen Zeilen im Nadir ko-registrierte RGB-Tripelzeilen. Zudem sind bei dieser Fokalplatte in der halb-vorwärts Position Rot-, Grün- und Infrarot-Zeilen für das Erstellen von Falschfarben-Orthophotos platziert (Abb. 1).

Die Genauigkeit der digital erfassten Luftbildstreifen

Es war Ziel der Entwicklung, mit der ADS40 eine Genauigkeit zu erreichen wie im traditionellen Arbeitsfluss mit ge-

| Fall | Genauigkeit | Δ Ost [m] | Δ Nord [m] | Δ Vertikal [m] |
|-----------------------------------------------|-------------|------------------|-------------------|-----------------------|
| Fall 1 12 Passpunkte 190 Kontrollpunkte | RMS | 0,052 | 0,054 | 0,077 |
| | Mittel | 0,000 | -0,022 | 0,045 |
| | Std. Abw. | 0,052 | 0,05 | 0,063 |
| | Max. Abw. | 0,133 | 0,188 | 0,242 |

| Fall | Genauigkeit | Δ Ost [m] | Δ Nord [m] | Δ Vertikal [m] |
|----------------------------------------------|-------------|------------------|-------------------|-----------------------|
| Fall 2 4 Passpunkte 198 Kontrollpunkte | RMS | 0,055 | 0,054 | 0,106 |
| | Mittel | -0,008 | -0,008 | 0,083 |
| | Std. Abw. | 0,055 | 0,053 | 0,065 |
| | Max. Abw. | 0,145 | 0,191 | 0,295 |

| Fall | Genauigkeit | Δ Ost [m] | Δ Nord [m] | Δ Vertikal [m] |
|----------------------------------------------|-------------|------------------|-------------------|-----------------------|
| Fall 3 0 Passpunkte 202 Kontrollpunkte | RMS | 0,11 | 0,086 | 0,158 |
| | Mittel | 0,094 | -0,064 | 0,142 |
| | Std. Abw. | 0,057 | 0,056 | 0,068 |
| | Max. Abw. | 0,242 | 0,256 | 0,351 |

Tab. 1: Absolute Genauigkeiten im Objektraum, Flughöhe 1500 m, Bodenpixel 15 cm.

scannnten RC30 Film-Luftbildern. Die Fokalebene der ADS40 ist nur knapp die Hälfte des RC30-Filmnegatives. Dies ergäbe eigentlich eine schlechtere Mess-

genauigkeit. Dafür hat aber der voll digitale Arbeitsfluss den Vorteil, dass reduzierende Einflüsse wie Filmverzug, Bildinformationsverlust beim Entwickeln und

| Bodenpixel (GSD) mit ADS40 | Karten-Massstab | Gewünschte Kartengenauigkeit, mittlere Fehler | | Vergleichbare Größen im Arbeitsfluss mit filmbasierten Luftbildern | |
|----------------------------|-----------------|-----------------------------------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| | | X, Y | Höhenkurven | Bildmassstab | Bodenpixel des gescannten Filmbildes |
| 5–10 cm | 1 : 500 | 0,125 m | 0,25 m | 1 : 3000 to 1 : 5500 | 2,5–5 cm |
| 10–15 cm | 1 : 1000 | 0,25 m | 0,5 m | 1 : 5000 to 1 : 8000 | 5–7,5 cm |
| 15–20 cm | 1 : 1500 | 0,40 m | 0,75 m | 1 : 6500 to 1 : 10 000 | 7,5–10 cm |
| 20–30 cm | 1 : 2000 | 0,50 m | 1 m | 1 : 8000 to 1 : 11 000 | 10–15 cm |
| 25–35 cm | 1 : 2500 | 0,60 m | 1,25 m | 1 : 8500 to 1 : 13 000 | 12,5–17,5 cm |
| 30–50 cm | 1 : 5000 | 1,25 m | 2,5 m | 1 : 12 000 to 1 : 18 000 | 15–25 cm |
| 40–60 cm | 1 : 10 000 | 2,50 m | 5 m | 1 : 17 000 to 1 : 27 000 | 20–30 cm |
| 50–70 cm | 1 : 20 000 | 5,00 m | 10 m | 1 : 25 000 to 1 : 35 000 | 25–35 cm |
| 50–80 cm | 1 : 25 000 | 6,25 m | 12,5 m | 1 : 28 000 to 1 : 42 000 | 25–40 cm |
| 50–100 cm | 1 : 50 000 | 12,5 m | 20 m | 1 : 40 000 to 1 : 60 000 | 25–50 cm |
| 50–100 cm | 1 : 100 000 | 25 m | 50 m | 1 : 60 000 to 1 : 90 000 | 25–50 cm |

Tab. 2: Verhältnis Bodenpixel zu Kartenmassstab und zu erwartende Kartengenauigkeit.



Abb. 2: Vaihingen/Enz, panchromatisch, 5 cm GSD, Flughöhe über Grund 500 m.



Abb. 3: Ausschnitt aus einem Luftbildstreifen mit konstantem Stereo- und Einblickswinkel.

beim Scannen entfallen. Die ersten Genauigkeitsuntersuchungen, gemacht für die Zertifizierung der ADS40, bestätigen, dass ADS40-Bilder mindestens die Genauigkeit des klassischen Arbeitsflusses erreichen. Später gemachte Bildstreifen, geflogen über dem Testfeld Vaihingen-Enz der Universität Stuttgart, zeigten, dass die Genauigkeit der ADS40 die ersten Erwartungen sogar übertrifft (Tab. 1 und 3).

Viele film-orientierte Photogrammeter hatten anfänglich Mühe, die im direkt digitalen Arbeitsfluss relevante Terminologie und geltenden Bezugsgrößen zu verwenden. So ist es zum Beispiel notwendig, sich vom Begriff des Bildmassstabes zu lösen. Schon für Filmbilder ist der Begriff schwammig, denn sie können mit Film unterschiedlicher Auflösung und mit Objektiven unterschiedlicher Qualität ge-

macht sein. Für digitale Bilder, gemacht mit CCD-Sensoren verschiedener Pixel-Größe, kann der Bild-Massstab nicht mehr als Vergleichsbasis herangezogen werden. Vielmehr ist das direkte Verhältnis Bodenpixel zu Karten-Massstab eine Vergleichsgröße. Dieses einfache Verhältnis hat sich in der Anwendung von Satelliten-Bildern seit Jahren bewährt und erweist sich nun auch in der digitalen Photogrammetrie als nützlich. Dies umso mehr, als sich im digitalen Arbeitsablauf auch die Begriffe der Drucker- und Bildschirm-Auflösung auf Pixel zurückführen lassen.

Die Erfahrung weltweit mit den ADS40 Bildstreifen und die Untersuchungen der Daten von Vaihingen/Enz führten zu den GSD-Empfehlungen für einen bestimmten Karten-Massstab in der Tabelle 2. Die GSD-Empfehlungen sind eher konserva-

tiv. Je nach Anforderung können sie unterschritten werden. Die Tabelle wird sich im Laufe der Zeit sicher noch verändern. Die meisten ADS40-Benutzer verlangen eine Bodenpixelgröße von 15 cm bis 40 cm. Die Auflösung von 5 cm musste erst viel später bewiesen werden, als die später in den Markt eingetretene Konkurrenz glaubte, eine Schwäche der ADS40 aufgedeckt zu haben. 5 cm GSD-Bilder von ausserordentlicher Qualität wurden im Juni 2004 über Vaihingen/Enz geflogen. Objekte kleiner als 5 cm, z.B. Hochspannungskabel, konnten einwandfrei identifiziert werden.

Die Ergebnisse der 5 cm GSD-Tests über Vaihingen/Enz beweisen, dass die Genauigkeit des ADS40-Lufbildsensors besser ist als ursprünglich erwartet. Höhenmessungen aus verschiedenen Flughöhen über diesem Testfeld der Universität Stutt-

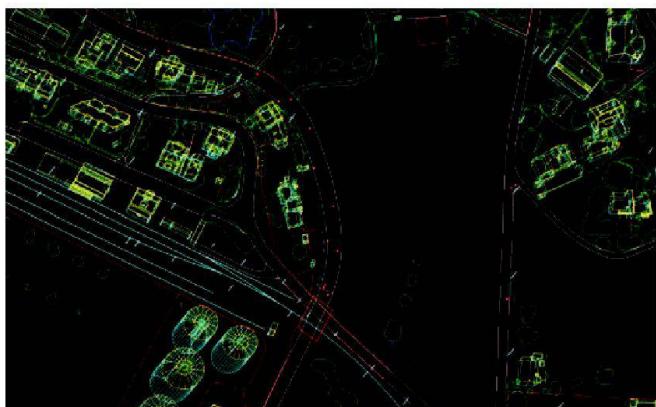


Abb. 4: Auswertung aus Luftbildstreifen Abb. 3 mit LPS.

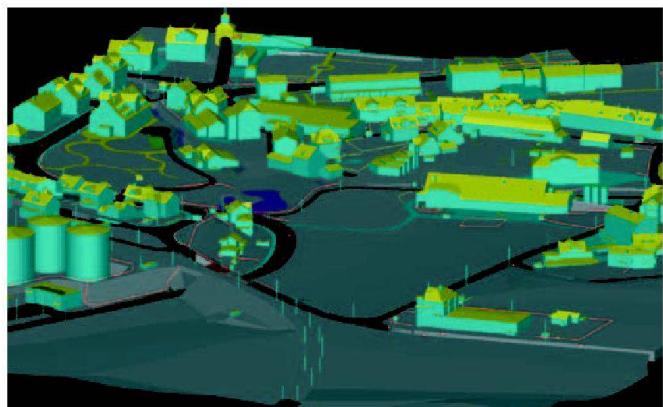


Abb. 5: Perspektive in 3D, basierend auf der Auswertung Luftbildstreifens Abb. 3 mit LPS.

gart ergaben eine stereometrische Höhengenauigkeit von 0,05‰, welche die üblichen 0,1‰ um Faktor zwei verbessert (Tab. 1 und 3).

Erste praktische Erfahrungen mit LPS und der Auswertung von ADS40 Luftbildstreifen

Im Gegensatz zum traditionellen Luftbildstereopaar wird in einem ADS40 Stereo-Luftbildstreifenpaar dem Operateur ein räumlicher Eindruck vermittelt, welcher aus zwei Bildern mit konstanten Stereowinkeln und konstanten Einblickswinkeln herröhrt. Dank dieser konstanten Winkel kann der Operateur mit geringerer Anstrengung auswerten. Stereo-Luftbilderstreifen aus Zeilensensoren sind vor allem bei der punktweisen und linienweisen manuellen Auswertung eine grosse Erleichterung und deshalb sehr geschätzt.

Erweiterte Anwendungsmöglichkeiten der Luftbildsensoren gegenüber herkömmlichen Konzepten

Der direkt digitale Arbeitsablauf war ein Grund, weshalb viele Photogrammeter so schnell auf ADS40 Bildstreifen umstellten. Für Anwender in der Fernerkundung war dank der schmalbandig und getrennten Rot-, Grün-, Blau- und Nahes Infrarot-Luftbilderstreifen neu Bildmaterial erhältlich, das bisher nur von Satelliten stammte. Die ADS40-Bilder haben aber im Gegensatz zu Satellitenbildern in diesen vier Farbkanälen eine gleiche Auflösung wie im panchromatischen Kanal und insgesamt ist die Auflösung wesentlich höher. Dies ergab in diesem Gebiet Aufbruchstimmung. Endlich konnte der Einfluss von Hotspots und der Reflektanz bi-direktonaler Lichteinstrahlung untersucht werden, in der Hoffnung, die störenden Effekte dieser Phänomene reduzieren zu können.

| Fall | Genauigkeit | Δ Ost [m] | Δ Nord [m] | Δ Vertikal [m] |
|----------------------------------------------|-------------|-----------|------------|----------------|
| Fall 1 12 Passpunkte 68 Kontrollpunkte | RMS | 0,064 | 0,047 | 0,035 |
| | Mittel | -0,006 | -0,009 | -0,012 |
| | Std. Abw. | 0,064 | 0,047 | 0,033 |
| | Max. Abw. | 0,246 | 0,177 | 0,093 |

| Fall | Genauigkeit | Δ Ost [m] | Δ Nord [m] | Δ Vertikal [m] |
|---------------------------------------------|-------------|-----------|------------|----------------|
| Fall 2 4 Passpunkte 76 Kontrollpunkte | RMS | 0,064 | 0,047 | 0,106 |
| | Mittel | -0,013 | -0,002 | 0,083 |
| | Std. Abw. | 0,063 | 0,047 | 0,065 |
| | Max. Abw. | 0,237 | 0,172 | 0,1 |

| Fall | Genauigkeit | Δ Ost [m] | Δ Nord [m] | Δ Vertikal [m] |
|---------------------------------------------|-------------|-----------|------------|----------------|
| Fall 3 0 Passpunkte 80 Kontrollpunkte | RMS | 0,065 | 0,07 | 0,042 |
| | Mittel | 0,03 | -0,054 | 0,019 |
| | Std. Abw. | 0,057 | 0,045 | 0,037 |
| | Max. Abw. | 0,301 | 0,224 | 0,112 |

Tab. 3: Absolute Genauigkeiten im Objektraum, Flughöhe 500 m, Bodenpixel 5 cm.

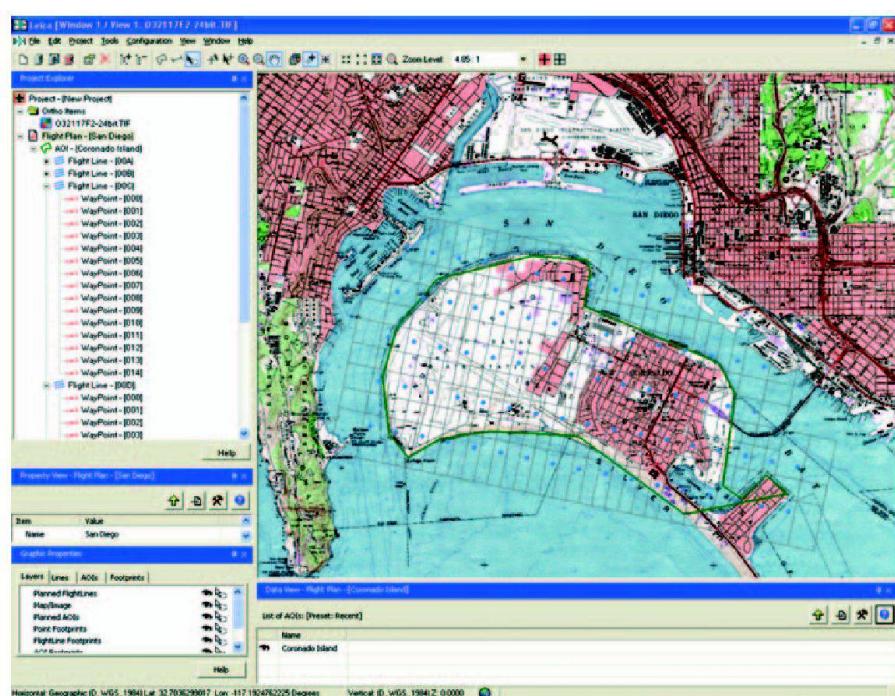


Abb. 6: Bildschirm-Beispiel der neuen Flight Planning and Evaluation Software (FPES).

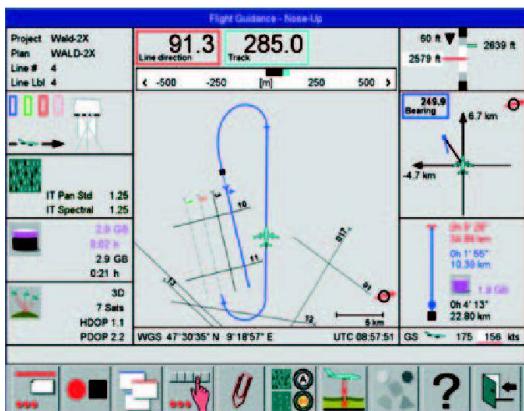


Abb. 7: Bildschirm-Beispiel der neuen Flight Control Management Software (FCMS) v2.0.



Abb. 8: Kompakte Flugführungs-Anzeige für den Piloten, GI40 für FCMS v2.0.

Weitere Entwicklungen für die Leica-Sensoren

FPES, die neue Leica Flight Planning and Evaluation Software, wurde im April 2005 am ASPRS angekündigt und wird im Herbst 2005 ausgeliefert. FPES stellt das erste Modul des durchgehenden Leica-Arbeitsflusses dar. FPES ermöglicht die Flugplanung, Angebotsstellung, Flugevaluation und die Erstellung des Flugberichtes alles aus einer Software heraus. Benutzern von ASCOT und FCMS wird mit FPES ein reibungsloser Übergang in dieses effiziente Werkzeug angeboten. FPES erlaubt die effiziente Flugplanung für alle Leica Sensoren wie RC30, ADS40, ALS40 und ALS50 sowie digitalen Flächensensoren und andere ON/OFF-Sensoren.

FCMS v2.0 – die Erweiterung der Flugmanagement-Software

Das ASCOT-System, bestens bekannt aus der Anwendung mit der RC30-Luftbildkamera, wurde auch für die ADS40-Flugdurchführung verwendet. Mit der neuen Version des ADS40 Flight and Control Management Systems (FCMS) v2.0 wird es nicht mehr notwendig sein, das ASCOT-System an Bord mitzuführen. Der im FPES erstellte Flugplan kann direkt ins FCMS des ADS40-Sensors eingelesen werden. Die Flugdurchführung wird vom Operator Interface OI40 des ADS40-Sensors ausgeführt (Abb. 7). Für den Piloten sind neu zwei Alternativen zur Flugführung verfügbar, die einfache LED-Anzeige GI40 (Abb. 8) und der Klein-Bildschirm OC50 (Abb. 9).



Abb. 10: Leica IPAS10 GPS/IMU Flugbahn Sensor Einheit.

IMU-Systems. Dieses für Leica neue System und die dazugehörige Software werden unter dem Namen IPAS – Inertial Position and Attitude System in die Produktpalette von Leica aufgenommen. Dieses neue System ist vorerst für den Einbau in den ADS40-Luftbildsensor und den ALS50-Laserscanner vorgesehen, wird aber auch für die RC30 und andere Flugzeug getragenen Sensoren benutzt werden können.



Abb. 9: Klein-Bildschirm Flugführungs-Anzeige für den Piloten, OC50 für FCMS v2.0.

IPAS – das neue GPS/IMU-System von Leica

Das neue GPS/IMU-Positions- und Lage-Berechnungsprogramm von Leica Geosystems kann sowohl die Daten des bisher für die ADS40 verwendeten POS-Systems von Applanix verarbeiten, als auch die Daten des durch die kanadische Firma Terramatics für Leica entwickelten GPS/

Schlussbemerkung

Inzwischen sind über 30 ADS40-Luftbildsensoren weltweit im Gebrauch, die meisten sind für die schnelle Farb-Orthophotokarten-Herstellung eingesetzt. Die kontinuierliche und schrittweise Verbesserung der Module und des Arbeitsflusses haben die Zeilensor-Bilder aus dem Flugzeug zu einem schnellen und kostengünstigen Werkzeug der digitalen Kartenherstellung gemacht, welchem die Zeilenkameras in den Satelliten wenig entgegenzusetzen haben.

Arthur Rohrbach
Leica Geosystems
Geospatial Imaging GmbH
Heinrich-Wild-Strasse
CH-9435 Heerbrugg
arthur.rohrbach@gi.leica-geosystems.com