

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:	106 (2008)
Heft:	9
Artikel:	Technologische Errungenschaften bei Pushbroom Sensoren am Beispiel des neuen Leica ADS80
Autor:	Wagner, R. / Zuberbühler, F. / Saks, T.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-236539

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: 03.02.2026

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

Technologische Errungenschaften bei Pushbroom Sensoren am Beispiel des neuen Leica ADS80

Leica Geosystems hat beim diesjährigen XXI ISPRS-Kongress in Peking mit dem Leica ADS80 eine neue Generation der Pushbroom-Sensoren vorgestellt. Dabei werden die Anwender vor allem von Fortschritten im Bereich der Elektronik und Mechanik profitieren, aber auch durch ein innovatives, vollintegriertes Systemkonzept und eine neue Post-Processing Software.

Lors du 21^{ème} Congrès ISPRS de cette année à Pékin, Leica Geosystems a présenté avec son Leica ADS80 une nouvelle génération des senseurs Pushbroom. Ceux-ci offrent à l'utilisateur des progrès notamment dans le domaine de l'électronique et de la mécanique mais également un concept de système innovatif et pleinement intégré ainsi qu'un nouveau logiciel de post-processing.

In occasione del 21° Congresso ISPRS, la Leica Geosystems ha quest'anno presentato una nuova generazione di sensori Pushbroom. Gli utenti approfitteranno, in particolare, dei progressi fatti nel campo dell'elettronica e dell'elettromeccanica, ma anche di un innovativo concetto di sistema completamente integrato e un software post-processing.

des Sensorkopfes. Das überarbeitete Sensorkopf-Design und ein neu entwickelter optischer Strahleiter, das sogenannte Tetrachroid, machte es zum ersten Mal möglich, koregistrierte Daten in allen Spektralbereichen bei gleicher Pixelgrösse hochauflösend aufzuzeichnen. Durch die Kombination dieses einzigartigen Designs mit dem Drei-Zeilen-Prinzip und der damit gegebenen Dreifach-Überdeckung aus verschiedenen Winkeln wurde aus dem ADS40 2. Generation der erste fluggestützte Sensor der es erlaubte, grossformatige Bilddaten sowohl für photogrammetrische als auch fernerkundliche Anwendungen aufzuzeichnen.

Die Neue Generation

Da sich die digitale Luftbildaufnahme innerhalb der letzten Jahre immer mehr als Standard durchgesetzt hat, haben sich auch die Anforderungen verändert. Mit der zunehmenden öffentlichen Verfügbarkeit der Daten wird es immer wichtiger, Datensätze auf dem neuesten Stand zu halten. In einem von stärkerem Wettbewerb gekennzeichneten Markt ist es daher wichtig, Sensoren zu entwickeln, die den Bildflugfirmen Effizienz in der Datenerfassung sowie auch in der Daten-

R. Wagner, F. Zuberbühler, T. Saks

Entwicklung der Leica Pushbroom-Sensoren

Die erste und zweite Generation

Seit der Vorstellung des ersten kommerziellen digitalen Pushbroom-Sensors auf dem XIX ISPRS-Kongress in Amsterdam im Jahre 2000, wurden zahlreiche technologische Fortschritte im Bereich Material, Design, Herstellung und Prozessierkapazität erfolgreich umgesetzt. Obwohl schon der Leica ADS40 der ersten Generation aus mehreren Komponenten wie Sensorkopf, Kontrolleinheit, Massenspeicher und Stabilisationsplattform bestand, lag der technologische Schwerpunkt für Veränderungen bei der zweiten Generation vor allem auf der Weiterentwicklung



Abb. 1: Der neue Leica ADS80 Airborne Digital Sensor in kreiselstabilisierter Plattform PAV30, mit Operator Interface OI40, Kontrolleinheit CU80 und Massenspeicher MM80.

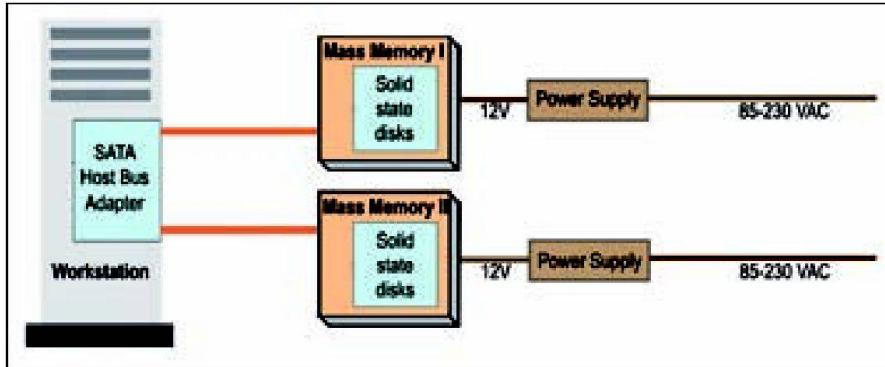


Abb. 2: Daten-Download-Konzept beim neuen Leica ADS80.

prozessierung bieten, und dabei Technologien zu verwenden, die Zuverlässigkeit und anhaltende Leistung liefern. Bei den Pushbroom Sensoren der neuen Generation, wie zum Beispiel dem Leica ADS80, kommen heute Technologien zum Einsatz, die nicht nur die Produktivität bei der Bilderfassung deutlich erhöhen, sondern gerade den Nutzern dieser Daten eine neue Welt von Anwendungsmöglichkeiten erschliessen.

System-Komponenten bei Pushbroom Sensoren der neuen Generation (Leica ADS80)

Sensorkopf

Technologische Veränderungen, welche bereits im Sensorkopf der zweiten Generation vorgestellt wurden und sich in der Praxis bewährt haben, bleiben auch beim neuen ADS80 erhalten. Das auf Temperatur und Druck stabilisierte Objektiv, die Fokalplatte und die durch einen eigens entwickelten Tisch in die optische Achse gerückte IMU bilden eine quasimonolithische Einheit, die eine ausserordentliche geometrische Stabilität aufweist. Dieses äusserst stabile Design ermöglicht die Wahl und den Austausch verschiedener IMU Typen und erlaubt ein vereinfachtes Sensormodell mit deutlich weniger lokalen Verzerrungsparametern. Bildflüge, absolviert auf zwei Flughöhen und einem einfachen Muster folgend, können so zur Systemkalibrierung durch Bündelausgleich verwendet werden. Unabhängige

Nachforschungen von Passini und Jacobsen (2008) weisen nach, dass die geometrische Genauigkeit und damit die photogrammetrische Nutzbarkeit von Pushbroom-Bilddaten der Genauigkeit von digitalen Flächenkameras in keiner Weise nachsteht und zum Teil noch übertrifft.

Durch die Einführung eines speziell entwickelten Strahlteilers mit dichroitischen Filtern, dem Tetrachroid, ist die Datenaufnahme von hochauflösenden Bilddaten in allen Spektralkanälen (Panchromatisch, RGB und CIR) bei gleicher Bodenauflösung garantiert. Damit erübrigen sich zeitaufwendige Zwischenschritte wie Pan-Sharpening oder das Erstellen von «Virtual Frames», die bei grossformatigen digitalen Flächenkameras auf dem Weg zum digitalen Bild notwendig sind. Die durch den Pushbroom-Sensor erzeugten Farbkompositbilder weisen dadurch auch keine Farbsäume auf. Durch das Zusammenspiel von optischer Telezentrie, speziell gewählten, klar separierten Spektralkanälen sowie deren Aufnahme bei konstant gleicher Bodenauflösung liefert der Leica ADS80 nicht nur mehr Informationen, sondern zeigt, dass durch Pushbroom-Sensoren erzeugte Bilder sich bestens für die automatische Klassifikation eignen (Kass Green, APSRS, 2008).

Wie auch schon beim ADS der zweiten Generation, kann der Sensorkopf in zwei Varianten geliefert werden. Die Fokalplatte des SH81 weist acht parallele Sensor Zeilen mit je 12000 Pixeln auf: Vier im panchromatischen Bereich (vorwärts, 2 x Nadir, rückwärts) und vier im multispektralen

Bereich (RGB und NIR). Der SH81 eignet sich deshalb für effiziente Orthophoto Produktion und der Stereoauswertung von panchromatischen oder RGB Bildstreifen. Die Fokalplatte des SH82 weist zwölf parallele Zeilen mit je 12000 Pixeln auf: Vier im panchromatischen Bereich (vorwärts, 2 x Nadir, rückwärts) und acht im multispektralen Bereich (je RGB und NIR im Nadir und rückwärts). Der SH82 ermöglicht die Aufnahme von multispektralen Daten in Stereo und wird vor allem von Anwendern eingesetzt, die sowohl in der Photogrammetrie als auch in der Fernerkundung tätig sind. Beide Sensorköpfe liefern Bilder weit unter 5 cm Bodenauflösung. Da beim Pushbroom-Prinzip das Bild mit der Fortbewegung des Sensors Zeile für Zeile über eine einzige Optik direkt aufgezeichnet wird, kann die volle Schwadbreite immer ausgenutzt werden. Anders als bei grossformatigen digitalen Flächenkameras, entsteht hier kein Informationsverlust durch das spätere Zusammensetzen von Bildern aus verschiedenen Objektiven.

Durch den Einsatz neuester FPGA Technologie konnte die Anzahl der elektronischen Komponenten und Boards im Sensorkopf deutlich reduziert werden. Dies führt nicht nur zu höherer Zuverlässigkeit und besserer Leistung, sondern auch zu einem niedrigeren Signal/Rausch Verhältnis sowie vierfach besserer Integrationszeit. Dadurch und durch eine deutlich höhere Transmission, die durch das Tetrachroid gegeben ist, lassen sich auch die in der letzten Zeit immer öfter gestellte Forderung nach weniger als 5 cm Bodenauf-



Abb. 3: Der neue Massenspeicher MM80 mit Flash Disk Technologie. Gewicht 2,5 kg.

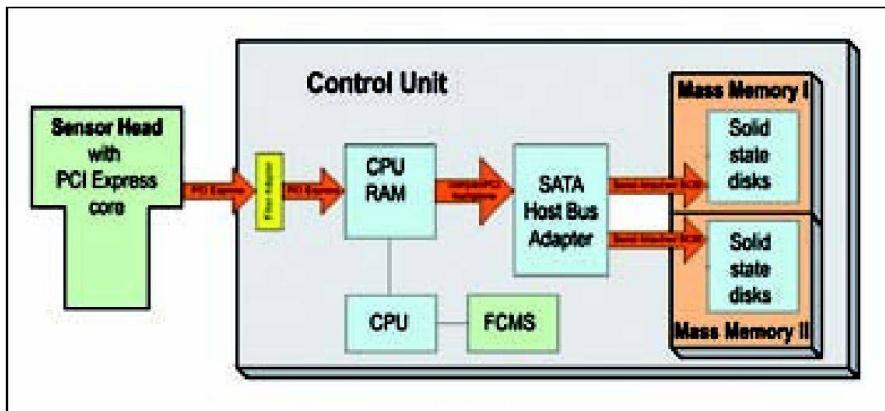


Abb. 4: Leica ADS80 Datenpfad vom Sensorkopf zum Massenspeicher.

lösung erreichen. Der damit einhergehende höhere Datendurchsatz ist abhängig von der Anzahl der CCD Zeilen, der Anzahl der Pixel per CCD, der Frequenz mit der Pixel ausgelesen werden sowie der Kompressionsrate. Dazu muss das cPCI System und das CPU Blade so gewählt werden, dass es eine hohe Bandbreite am PCI Bus erlaubt. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei beim Datenpfad vom PCIe zum CPU Hauptspeicher und vom CPU Hauptspeicher zum SAS Host Bus Adapter.

Der Einsatz von FPGA Technologie am Digital-Board der Fokalplatte erlaubt die Implementation einer Bilddatenkompression von 10 und 12 bit mit lossless und near-lossless Algorithmen. Dies verbessert die radiometrische Qualität der Bilddaten und erlaubt somit eine Bildaufnahme auch an Tagen mit schlechteren Lichtverhältnissen.

Kontrolleinheit (CU)

Zusätzlich zum Sensorkopf und zur kreiselstabilisierten Aufhängung besteht der ADS80 Zeilensor aus Kontrolleinheit (CU80), Datenspeicher (MM80), dem Operator Interface (OI80), GNSS Antenne und für eine optionale Flugführung aus dem Pilot Interface (OC50 und GI40).

Externe und interne Schnittstellen wurden zur Vereinfachung und höheren Stabilität gegenüber früheren Systemen wesentlich minimiert. Die Stromzufuhr zur Kontrolleinheit und Sensorkopf erfolgt über einen zentralen Schalter. Die Dataufzeichnung während des Fluges erfolgt

über eine PCIe Schnittstelle und dem Standard Bus System via CPU RAM auf den Massenspeicher (MM80). Dies beinhaltet die Bilddaten, Fokalplatten-Information und weitere statistische Daten vom Sensorkopf, räumliche Lagedaten vom integrierten inertialen Lage- und Winkelmesssystem IPAS20 und der kreiselstabilisierten Aufhängung PAV30, sowie Flug- und Systemdaten der Software FCMS, welche das gesamte System steuert und überwacht. Beim neuen ADS80 wurden die Aufgaben von FCMS wesentlich erweitert. Bisher hatte FCMS eine zentrale Rolle bei der Integrierung der einzelnen Systemkomponenten. So steuert FCMS zum Beispiel die Stromzufuhr zum Massenspeicher, kontrolliert Flugparameter und Sensor Konfiguration. Neu übernimmt FCMS zusätzlich die Kontrolle über die Bilddaten, welche über den Host Bus Adapter zum neuen Massenspeicher mit Flash Disks transferiert werden. Dabei wird der Speicher des CPU RAM als Puffer benutzt um Verzögerungen beim Schreiben der Daten auf den Massenspeicher auszugleichen. Neueste PCIe Technologie erlaubt den intelligenten Umgang mit Fehlern und trägt massgeblich dazu bei, die zuverlässige Dataaufnahme zu gewährleisten.

Die Fähigkeit des ADS80, auch Bodenauflösungen kleiner als 5 cm bei höheren Fluggeschwindigkeiten zu erreichen, setzt einen höheren Datendurchsatz sowie eine grösere Bandbreite im Datenspeicher voraus. Dies wird durch den Einsatz mehrerer Flash Disks in einer Mas-

senspeichereinheit (MM80) erreicht. Derzeit sind MM80 mit einer Kapazität von 192 GB und 384 GB erhältlich. Die neue Kontrolleinheit bietet Einschübe für zwei Massenspeicher-Einheiten, die wahlweise als gemeinsamer Datenspeicher oder als Datenspeicher mit Backup konfiguriert werden können. Die Massenspeicher sind während des Fluges austauschbar. Zur Dataaufzeichnung kann im Massenspeicher ein RAID erzeugt werden, das die Datenspeicherleistung und Datenredundanz konfiguriert und optimiert. Bilddaten werden nach Zeilen abgelegt und nicht nach Aufnahmezeit, da das Erstellen von Bildstreifen einfacher erledigt werden kann, wenn direkter Zugang zu den einzelnen Bildzeilen gegeben ist. Im Vergleich zu früherer Hard Disk-Technologie bringt der Einsatz von Flash Disks nicht nur eine höhere Zuverlässigkeit und Leistung, sondern auch eine Gewichtserspartung von rund 25 kg bei nahezu gleicher Speicherkapazität.

System-Integration und Datengenerierung

Die technischen Veränderungen in Design, Elektronik und Mechanik der Hardware eines digitalen Sensors kommen erst dann zur vollen Entfaltung, wenn das System durch funktionstüchtige und inte-

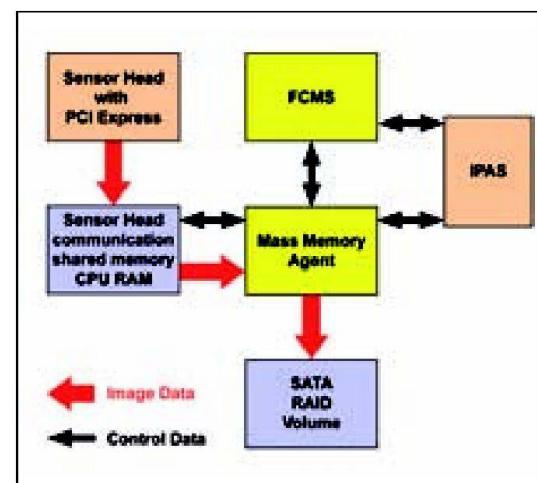


Abb. 5: Datenfluss und Komponenten-Integration bei Leica Pushbroom Sensoren der neuen Generation.

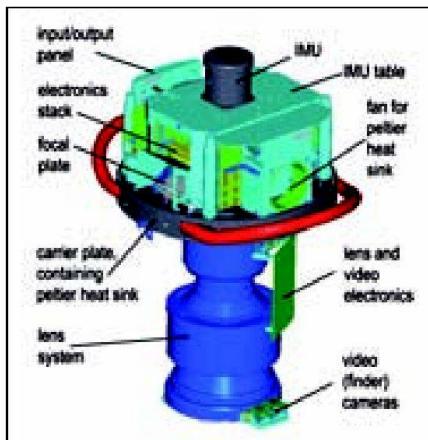


Abb. 6: Sensorkopf Design des neuen SH81/SH82.

grierte Softwarelösungen komplementiert wird.

Flugplanung und Flugdurchführung

Eine gute Flugplanung bildet auch in der digitalen Luftbildaufnahme die Grundlage für eine erfolgreiche und effiziente Mission mit hoher Datenqualität. Dabei müssen Flugplanung, Qualitätskontrolle im frühen Stadium des Projektes sowie diverse Aspekte des Projektmanagements berücksichtigt sein. Leica FPES übernimmt

diese Funktion sensorübergreifend und unabhängig und ist mit der Flugführungs und Sensor Kontroll Software FCMS voll integriert.

Generation von Bilddaten bei Zeilensensoren

Das Pushbroom-Prinzip erlaubt zwar ein relativ einfaches und stabiles Design im Sensorkopf, setzt jedoch auch den Einsatz einer IMU voraus. Sie ist, zusammen mit der GNSS Antenne und dem GNSS-Empfänger, Teil des inertialen Lage und Winkelmesssystems IPAS20. Ein solches System liefert im Takt von bis zu 500 Hz genaueste Positions- und Lagedaten des Sensors, die für die weitere Verarbeitung der gespeicherten Bildzeilen benötigt werden. Je nach Genauigkeitsanforderung werden für die Weiterverarbeitung zusätzlich die Daten von GNSS-Referenzstationen sowie Bodenkontrollpunkte benötigt. Letzte Tests zeigen jedoch, dass unter Verwendung des PPP (Precise Point Positioning) Prozessierungsverfahrens Positionen auch ohne GNSS Referenzstationsdaten hochgenau bestimmt werden können. Speziell auf Zeilensensoren ausgelegte Softwarelösungen, wie zum Bei-

spiel Leica XPro, erlauben es nun auch genaueste Bildstreifen zu erstellen in Gegenenden, in denen keine GNSS Referenzstationen verfügbar sind und das Erfassen von Bodenkontrollpunkten erschwert oder gar unmöglich ist.

Es bestand lange das Vorurteil, dass die Prozessierung von Pushbroom-Daten spezielles Fachwissen erfordere und sich von traditionellen Prozessen sehr unterscheide. In den letzten Jahren wurden jedoch effiziente Softwarelösungen entwickelt, die speziell auf Zeilensensoren ausgerichtet sind. Mit der geeigneten Software, einfacherem Sensordesign, dem Einsatz von IMUs und durch innovative Algorithmen lassen sich jetzt auch grosse Datenmengen schneller prozessieren, als dies für vergleichbare Gebiete bei digitalen Flächenkameras der Fall wäre. Leica XPro greift zum Beispiel bei der Visualisierung grosser Datensätze direkt auf die Leistungsfähigkeit der Grafikkarte zu. Vereinfachte Triangulationsverfahren im «Black Box»-Design und Distributed Processing reduzieren die Prozessierungszeit bei gleicher Qualität, und erlauben Produktion von Stereobilddaten und Orthophotos in «Fluggeschwindigkeit». Dies, in Verbindung mit bester Datenqualität, vielseitigem Einsatz, hoher Produktivität und hohem Informationsgehalt verdeutlicht, dass sich das Zeilenprinzip nicht nur in der satellitengestützten Fernerkundung, sondern auch in der digitalen Luftbildaufnahme als Standard etabliert hat.

Referenzen:

- Green, K. (2008): Seagrass Propscat Mapping: An Airborne Sensor Comparison. Presentation at the ASPRS Congress, Portland, USA.
- R. Passini & K. Jacobsen (2008): Accuracy analysis of large size digital aerial cameras. XXI ISPRS Congress, Beijing, China.

Rüdiger Wagner
Felix Zuberbühler
Tauno Saks
Leica Geosystems AG
Heinrich-Wild-Strasse
CH-9435 Heerbrugg
ruediger.wagner@leica-geosystems.com

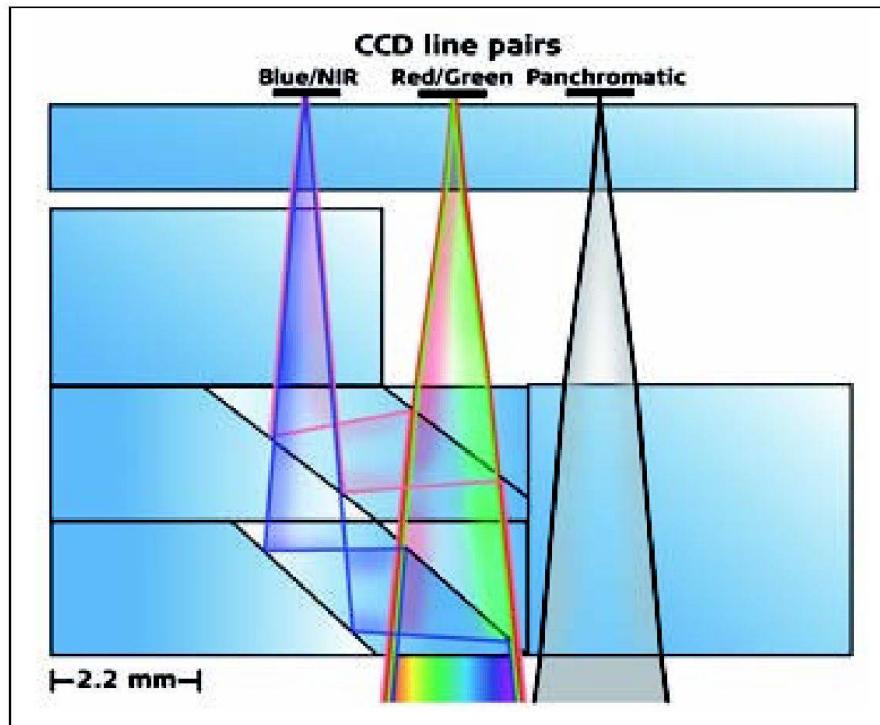


Abb. 7: Design des Tetrachroid-Strahlteilers im Sensorkopf SH81/SH82.