

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: 107 (2009)

Heft: 9

Artikel: Geodaten aus der Luft : aktueller Status, Trends und Ausblick

Autor: Stengele, Roland

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-236627>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 05.05.2025

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

Geodaten aus der Luft: aktueller Status, Trends und Ausblick

In den letzten zehn Jahren hat sich die über mehrere Jahrzehnte erfolgreich praktizierte Luftbild-Photogrammetrie fundamental gewandelt. Noch Ende der 90er Jahre wurde häufig behauptet, dass die luftgestützte Geodaten-Erfassung durch die Satellitenfernerkundung weitgehend verdrängt wird. Die Realität zeigt aber ein anderes Bild: Die Geodaten-Erfassung aus Flugzeugen und Helikoptern ist aktueller denn je. Für das Jahr 2010 wird das weltweite Marktvolumen der Fernerkundung auf 6–7 Mrd. US\$ geschätzt. Davon entfallen ca. $\frac{2}{3}$ auf die luftgestützte Datenerfassung und ca. $\frac{1}{3}$ auf die Satellitenfernerkundung. Die Geodaten-Branche zählt auch weiterhin zu den Wachstumsmärkten und die Nachfrage nach aktuellen, hochauflösenden Daten wird auch in naher Zukunft um 10–20% jährlich ansteigen. Zur Zeit sind weltweit etwa 250 grossformatige Digitalkameras, 200 High-End-Laserscanningsysteme und ca. 60 Erdbeobachtungssatelliten im operativen Einsatz. Der Wandel in der luftgestützten Geodaten-Erfassung wurde im Wesentlichen durch die technologische Entwicklung in drei Bereichen geprägt: grossformatige Digitalkameras, Airborne Laserscanning, direkte Georeferenzierung.

Ces derniers dix ans la photogrammétrie aérienne pratiquée avec succès pendant plusieurs dizaines d'années s'est fondamentalement modifiée. A la fin des années 90 encore on prétendait souvent que la saisie aérienne des données géographiques serait supplantée par la télédétection satellitaire. Mais la réalité est différente: le levé des géodonnées à partir d'avions et d'hélicoptères est plus que jamais d'actualité. Pour l'année 2010 le marché mondial de la télédétection est estimé à plus de 6 à 7 milliards d'US\$ dont environ $\frac{2}{3}$ pour la saisie aérienne des données et environ $\frac{1}{3}$ pour la télédétection satellitaire. Le secteur des géodonnées continuera à croître et la demande en données actualisées à haute résolution augmentera dans un proche avenir de 10 à 20% chaque année. En ce moment, globalement environ 250 caméras numériques grand-format sont en fonction ainsi que 200 systèmes de scannage laser High-End et environ 60 satellites d'observation terrestre. L'évolution dans la saisie des géodonnées a essentiellement été marquée par trois développements technologiques: les caméras numériques grand-format, le scannage laser aéroporté et le géoréférencement direct.

Negli ultimi dieci anni la fotogrammetria aerea, praticata da diversi decenni, ha subito una svolta fondamentale. Alla fine degli anni 90 si affermava spesso che il rilevamento dei geodati per via aerea veniva messo alle strette dal telerilevamento satellitare. Ma la realtà mostra un'altra tendenza: il rilevamento dei geodati da aerei ed elicotteri è più attuale che mai. Per il 2010 il volume mondiale di mercato del telerilevamento è stato stimato a 6–7 miliardi di dollari, di cui $\frac{2}{3}$ vanno al rilevamento aereo dei dati e circa $\frac{1}{3}$ va al telerilevamento satellitare. Il settore dei geodati continua a far parte dei mercati in crescita e la domanda di dati attuali ad alta risoluzione registrerà anche nell'immediato futuro una crescita annua del 10–20%. Attualmente in tutto il mondo sono in funzione 250 camere digitali di grande formato, 200 sistemi high-end di scansione laser e ca. 60 satelliti per l'osservazione della Terra. La svolta nel rilevamento dei geodati per via aerea è stata fundamentalmente contrassegnata dallo sviluppo tecnologico in tre settori: fotocamere digitali di grandi dimensioni, Airborne Laserscanning e georeferenziazione diretta.

R. Stengele

Grossformatige Digitalkameras

Reihenmesskameras mit Analogfilmen wurden fast komplett durch hochauflösende, grossformatige Digitalkameras verdrängt. Vor zehn Jahren war kaum absehbar, dass sich die Digitaltechnik auch im Bereich der Luftbild-Photographie mit dieser Geschwindigkeit und Konsequenz durchsetzen wird. Alleine die Firma Vexcel Imaging wird im Jahr 2009 über 30 Digitalkameras des Typs Vexcel Ultra-Cam-Xp am Markt platzieren (Tab. 1). Mit dieser Digitalkamera der neuesten Generation können Luftbilder mit 10 cm Bodenauflösung aus 1700 m Flughöhe aufgenommen werden (Abb. 1). Mit einer einzigen Luftbild-Aufnahme wird eine 2 km² grosse Fläche abgedeckt und in 196 Mio. Bildpixel aufgelöst. Bei einer Bildüberlappung von 60%/40% (längs/quer) können in einer zehnstündigen Flugmission eine Fläche von 50 km x 30 km vollständig erfasst und Digitale Orthophotokarten im Massstab 1:1000 erstellt werden.

Airborne Laserscanning

Die Stereo-Photogrammetrie zur Rekonstruktion der dritten Dimension wurde durch Laserscanningverfahren weitgehend abgelöst. Anstatt Höhenkurven stereoskopisch aus Luftbildern auszuwerten, sind moderne Laserscanningsysteme in der Lage, die 3D-Koordinaten von mehr als 125 000 Oberflächenpunkten pro Sekunde mit dm-Genauigkeit zu bestimmen (Abb. 2).

Wie bei einem Tachymeter wird dabei die Distanz aus der Laufzeit eines Laserimpulses abgeleitet. Mit dem Laserscanningsystem des Typs Optech ALTM-Gemini können pro Sekunde maximal 167 000 Laserimpulse ausgesendet werden, wobei die einzelnen Laserstrahlen durch einen schwingenden Spiegel in unterschiedliche Richtungen abgelenkt werden. Aus der Position des Sensors (D-GPS, GNSS), der Orientierung der Sensor-Plattform (Iner-



Abb. 1: Ausschnitt aus dem Digitalen Orthophoto der Stadt Genf (10 cm Auflösung, links: RGB, rechts: CIR).



Abb. 2: Ausschnitt eines aus Laserdaten abgeleiteten Digitalen Oberflächen-Modells der Stadt Genf (4 P/m², 0.5 m Raster).

Kanäle	Panchromatisch, RGB and CIR (Farb-NahInfrarot)
Bildgrösse	17 310 Pixel x 11 310 Pixel (panchromatisch), 5770 x 3770 Pixel (Farbe)
Pixelgrösse (CCD)	6 μ m
Pixelgrösse am Boden	3 cm @ 500 m, 10 cm @ 1700 m, 25 cm @ 4200 m Flughöhe
Öffnungswinkel	55° quer, 37° entlang der Fluglinie
Belichtungszeiten	1/32 bis 1/500 s
Bildaufnahme-Geschwindigkeit	1 Bild alle 2 Sekunden
Speicherkapazität im Flug	6600 Bilder = ~ 4.2 TB = ~ 3.5 Std. Flug, 1 Bild alle 2 Sekunden

Tab. 1: Performance-Daten der Digitalkamera Vexcel UltraCam-Xp.

Fläche	440 km ² (~ 40 km x 11 km) in 10 h Flugzeit
Punktdichte	4.5 Punkte pro m ² , Ø 45 cm Punktabstand
Genauigkeit	< 10 cm (1 σ) vertikal < 20 cm (1 σ) horizontal Beachte: Im Vergleich zu den meisten konventionellen geodätischen Verfahren wird beim Airborne Laserscanning die Höhe genauer bestimmt als die Lage!

Tab. 2: Digitales Oberflächenmodell aus Airborne Laserscanning (im Multi Pulse Modus).

tial-Messsystem) sowie der Distanz und Richtung des orientierten Laserstrahls können von jedem «getroffenen» Punkt an der Erdoberfläche 3D-Koordinaten berechnet werden. Moderne «Multi Pulse»-Laserscanningsysteme können gleichzeitig mehr als einen Laserimpuls in der Luft «managen». Erst dadurch sind auch bei grossen Flughöhen (>1000 m über Grund) hohe Pulsfrequenzen (>150 KHz) möglich.

Aus einer Flughöhe von 500 m wird ein 360 m breiter Flugstreifen gescannt (Field

of View = 2 x 20°). Bei einer Querüberlappung der Flugstreifen von 30% kann in einer 10-stündigen Flugmission eine Fläche von 440 km² (~40 km x 11 km) vollständig erfasst werden. Das resultierende Digitale Oberflächenmodell erfüllt folgende Spezifikationen (siehe Tab. 2).

Direkte Georeferenzierung

Die klassische Methodik der Bildorientierung über terrestrische Pass- und Ver-

knüpfungspunkte wurde durch die Methodik der Direkten Georeferenzierung ergänzt. Durch

- die flächendeckende Verfügbarkeit zuverlässiger GNSS-Referenzsysteme
- den Einsatz von kreiselstabilisierten Plattformen und Inertialen Messsystemen (IMU)
- und konsequent verfeinerte Methoden der Sensor-Kalibrierung

können die Parameter der Äusseren Orientierung (Position & Orientierung) von Bild- und/oder Laserdaten – ohne jegliche Passpunktinformation – mit Genauigkeiten bestimmt werden, die für viele Anwendungen bereits genügend sind.

Werden im Post Processing zusätzlich Passpunkte und Passflächen berücksichtigt, sind in Digitalen Orthophotos grundsätzlich absolute Lagegenauigkeiten <1.5 Pixel (1 σ) erreichbar. Da in den seltensten Fällen ein ausreichend gutes Digitales Geländemodell für die Bildverzerrung zur Verfügung steht, ist in der Praxis diese effektive Lagegenauigkeit – je nach Topographie – um den Faktor zwei bis drei schlechter (abhängig von der Topographie).

Aus diesem Grund wird sich in Zukunft der kombinierte Einsatz von Grossformatkameras und High-End-Laserscannern in einer einzigen Befliegung durchsetzen. Die Basistechnologien sind bereit, Höhenmodelle und Orthophotos mit Auflösungen und Genauigkeiten von 1 dm simultan zu erfassen!

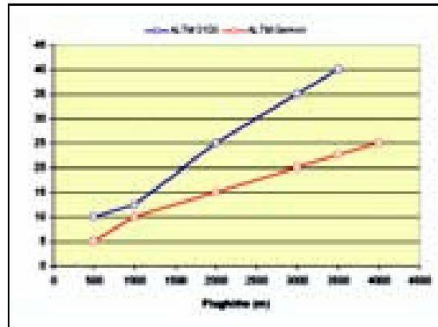
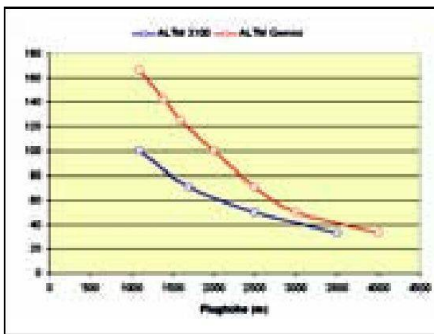


Abb. 3: Performance-Daten der Laser-scanningsysteme Optech ALTM-3100 und ALTM-Gemini.



Abb. 4: AOS-Schrägbildsystem.

Schrägbildsystem Aerial Oblique System (AOS)

Die BSF Swissphoto hat in Zusammenarbeit mit den Firmen Rolleimetric GmbH (Braunschweig) und Alpha Luftbild GmbH (Berlin) ein Schrägbildkamerasystem konzipiert und entwickelt (Abb. 4). Ziel dieser Entwicklung war es, von linearen oder flächigen Objekten in einem einzigen Überflug systematische, orientierte und kalibrierte Schrägbilder zu erfassen. Das System basiert auf einem rotierenden Kopf mit drei kalibrierten Luftbildkameras des Typs Rolleimetric AIC. Weitere Systemkomponenten sind eine stabilisierte Plattform sowie ein DGPS/INS-Navigationssystem. Bei einer typischen mäanderförmigen Überfliegung des Aufnahmegebiets werden mindestens sechs Bilder



Abb. 5: Zusammengesetzte AOS-Schrägbildaufnahme der Stadt Potsdam.

pro Bodenpunkt aus vier verschiedenen Blickrichtungen sowie senkrecht von oben (Abb. 5) erfasst. Die Kameras verfügen jeweils über 39 Megapixel im RGB-Bereich. Neben den Bilddaten sind Daten der äusseren Orientierung verfügbar, welche zu jedem Bild Aufnahmeort und -richtung definieren.

Der Anwendungsbereich umfasst die Texturierung von 3D-Stadtmodellen, das Schliessen von Abbildungslücken zwischen traditionellem Luftbild und normaler Strassenaufnahme, das Immobilienmanagement, die Unterstützung von Navigationssystemen sowie die Dokumentation linearer Objekte wie Leitungssysteme, Verkehrswege und Küsten. Die Bilder vermitteln dem Betrachter einen natürlicheren Blickwinkel als senkrecht aufgenommene Luftbilder und erleichtern so die Orientierung.

Ausblick

Die traditionellen Marktsegmente für Geodaten aus der Luft sind flächendeckende Geo-Basisdaten, 3D-Stadtmodelle, Telekommunikation sowie Verkehr & Navigation. In diesen Bereichen werden sich die Trends zu höherer Auflösung, höherer Genauigkeit und höherer Aktualität der Daten weiterhin fortsetzen (Tab. 3): In einigen Bereichen wird die Nachfrage nach qualitativ hochwertigen Geodaten überdurchschnittlich wachsen. Dazu zählen:

- Naturgefahren, Risiko & Sicherheit
- Umweltschutz
- Natürliche Ressourcen (Wasser, Wald, Landwirtschaft)
- Geo-Marketing (Tourismus, Immobilien ...)
- Grundbuch- und Katasterwesen in Schwellenländern

Mit grosser Wahrscheinlichkeit darf man davon ausgehen, dass auch der breite Massenmarkt (Virtuelle Globen, Internet Mapping-Plattformen, «Geodaten für Jedermann» etc.) weitere Impulse für unsere Branche bringen wird. Grundsätzlich wird sich der Trend in Richtung «Sensor- und Datenfusion» fortsetzen und die klassischen Geo-Produkte (Grunddaten, Orthophotos, Höhenmodelle) werden weiter verschmelzen. Künftig werden auch Themen wie «Nearly-RealTime-Applikationen», System-Miniaturisierung und unbemannte Trägerplattformen oder die selektive Nachführung von Geo-Basisdaten an Bedeutung gewinnen. Daraus leiten sich enorme technologische und konzeptionelle Herausforderungen für die aktuelle und für die nächste Generation von Ingenieuren ab.

Dr. Roland Stengele
BSF Swissphoto
Dorfstrasse 53
CH-8105 Regensdorf-Watt
roland.stengele@bsf-swissphoto.com

	vor 2 Jahren	in 2 Jahren
Digitale Orthophotos	30 cm	10 cm
Digitale Höhenmodelle	1 Punkt pro m ²	4 Punkte pro m ²
Update-Zyklus	5 bis 7 Jahre	3 bis 5 Jahre

Tab. 3: Typische Anforderungen an Geo-Basisdaten.