# Drohnen im Praxiseinsatz

Autor(en): **Huber, F.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Geomatik Schweiz : Geoinformation und Landmanagement = Géomatique Suisse : géoinformation et gestion du territoire = Geomatica Svizzera : geoinformazione e gestione del territorio**

Band (Jahr): **112 (2014)**

Heft 9

PDF erstellt am: **19.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-389512

**Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

**Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

**http://www.e-periodica.ch**

# Drohnen im Praxiseinsatz

Seit mehreren Jahren setzt KOPA Geoservices GmbH als Unternehmen der KOPA-Gruppe für unterschiedliche Vermessungsaufgaben auf die Drohnentechnologie. Der Einsatz von modernen UAV-Systemen in Kombination mit effizienten Bearbeitungsworkflows erlaubt es, verschiedene Produkte aus drohnenbasierten Luftbildaufnahmen zeitnah und preiswert anzubieten. In diesem Artikel werden die eingesetzten Erfassungssysteme und die praxisbezogenen Anwendungen im Bereich der drohnenbasierten Photogrammetrie erläutert.

*Depuis plusieurs années KOPA Geoservices GmbH (Sàrl) en tant qu'entreprise du groupe KOPA, active dans plusieurs domaines de la mensuration est spécialiste de la technologie des drones. L'emploi de systèmes UAV modernes en combinaison avec d'efficients processus de traitement permet d'offrir à prix avantageux et de façon instantanée plusieurs produits à partir d'images aériennes prises à l'aide de drones. Dans cet article on décrit les moyens de saisie utilisés et les applications pratiques dans le domaine de la photogrammétrie basée sur la technologie des drones.*

Da diversi anni a questa parte la KOPA Geoservices GmbH si presenta come un'azienda del Gruppo KOPA che svolge incarichi diversi di misurazione nel campo della tecnologia dei droni. L'utilizzo di moderni sistemi UAV, abbinati a un efficiente workflow di elaborazione, consente di offrire vari prodotti di riprese aeree effettuate con dei droni e questo in tempi rapidi e a un prezzo conveniente. In quest'articolo si illustrano i sistemi di rilevamento utilizzati e le applicazioni pratiche nel campo della fotogrammetria improntata sui droni.

*F. Huber*

## Hintergrund

Um ein älteres Luftbild-Erfassungssystem auf Basis eines Kleinflugzeugs abzulösen und mehr Flexibilität zu haben, wagte KOPA Geoservices Anfangs 2012 den Schritt in Richtung der unbemannten photogrammetrischen Luftbilderfassung und beschaffte ein erstes Drohnensystem. Mit Hilfe des umfassenden technischen Know-hows im Bereich der Photogrammetrie wurden innerhalb von wenigen Monaten effiziente Erfassungs- und Auswerteabläufe erarbeitet.

## Fixed-Wing vs. Multikopter

Für photogrammetrische Anwendungen sind grundsätzlich zwei unterschiedliche UAV-Konzepte geeignet: Multikopter und Fixed-Wing-Systeme (Starrflügler). Während Multikopter-Systeme eher für kleinräumige und objektbezogene Aufnahmen (Gebäude, Kunstbauten) prädestiniert sind, werden Fixed-Wing-Systeme hauptsächlich für grossflächige Luftbildaufnahmen (ha bis mehrere km$^2$) eingesetzt. Aufgrund der relativ einfachen Bedienung und des hohen Automatisierungsgrades hat KOPA ausschliesslich Fixed-Wing-Systeme von Sensefly im Einsatz. Für objektbezogene Anwendungen, wo hochaufgelöste Produkte gefordert sind und alternative photogrammetrische Aufnahmemöglichkeiten (Hochstativ/Hebebühne) nicht geeignet sind, wird mit einem professionellen Multikopter-Piloten zusammengearbeitet.

## Durchführung der Befliegung

Die Ergebnisse hängen in erster Linie von der Qualität der Luftbilder ab. Wird eine leichtgewichtige Kompaktkamera eingesetzt, muss mit sensorbedingten Einbussen an der Bildqualität gerechnet werden. Einerseits ist die Objektivverzeichnung nur zu einem bestimmten Grad durch rechnerische Modelle zu kompensieren. Andererseits erfordern die vergleichsweise kleinen Sensorelemente eine lange Belichtung, was insbesondere bei leichtgewichtigen Fixed-Wing-UAV's zu unscharfen Bildern führen kann. Weiter weisen mittels Kompaktkameras aufgenommene Luftbilder oft ein verringertes geometrisches Auflösungsvermögen auf, verglichen zur theoretischen Auflösung der Sensor-Objektivkonfiguration. Diesen Qualitätseinbussen kann jedoch in einem gewissen Masse entgegen gewirkt werden, indem man eine geeignete Flugplanung wählt (geringe Flughöhe und hohe Überlappung).

## Bildorientierung von UAV-Aufnahmen

Für die Auswertung von photogrammetrischen UAV-Aufnahmen ist eine Vielzahl an Softwarepaketen verfügbar, welche unter anderem eine hochautomatisierte Orientierung eines Bildblockes ermöglichen. Dies wird über eine automatische Extraktion und Zuordnung von markanten Bildpunkten ermöglicht (Structure-from-Motion). Koordinaten der Projektionszentren aus dem GPS-Track der Befliegung beschleunigen diese relative Orientierung und erlauben eine grobe absolute Orientierung, deren Genauigkeit durch terrestrisch aufgenommene Bodenpunkte verbessert werden kann. Die Dichte und die Verteilung dieser Passpunkte werden abhängig von den Genauigkeitsanforderungen des Projekts angepasst. Bei der anschliessenden Bündelblockausgleichung muss insbesondere beim Einsatz einer Kompaktkamera eine Selbstkalibrierung durchgeführt werden, da durch die ausfahrbare Optik die Parameter der inneren Orientierung kaum über längere Zeit stabil bleiben.

## Vom Bildblock zu Höhenmodellen und Orthofotos

Aus dem absolut orientierten Bildblock können anschliessend direkt 3D-Koordinaten von Einzelpunkten bestimmt



Abb. 1: Orthofoto im Massstab 1:500 (links) und im Massstab 1:200 (rechts): Leichte Verzerrungen an den Dachkanten sind nur im hohen Ansichtsmassstab sichtbar (Bodenauflösung 3 cm).

werden. Wie in der klassischen Photogrammetrie ist es mit UAV-Aufnahmen ebenfalls möglich, Stereoauswertungen vorzunehmen oder die Luftbilder auf ein vorhandenes Höhenmodell zu projizieren (Orthorektifizierung) und anschliessend ein Orthofoto-Mosaik zu erzeugen. Die vergleichsweise geringe Ausdehnung der Footprints von UAV-Luftbildern erfordert ein aufwendiges manuelles Editieren der Schnittkanten (Seamlines), um ein ansprechendes Resultat zu erhalten.

Vielfach wird auch direkt aus den Luftbildern mittels automatischer Stereoauswertung (Dense Image Matching) ein Oberflächenmodell berechnet, auf welches anschliessend die Luftbilder projiziert werden. Ein auf diesem Weg erzeugtes Orthofoto-Mosaik ist mit wesentlich weniger Aufwand verbunden und kann somit vergleichsweise kostengünstig angeboten werden.

Obwohl über Dense Image Matching generierte Orthofotos im Vergleich zu herkömmlich über Terrainmodelle rektifizierten Aufnahmen praktisch keine Bildstürze aufweisen, werden vor allem scharfe Kanten (Brückenkanten, Dachtraufen) und hohe Objekte vielfach nicht korrekt abgebildet und die entsprechenden Bildstellen im Orthofoto weisen leichte Verzerrungen auf (Abb. 1). Diese entstehen aufgrund der Tatsache, dass die Geometrie an diesen Stellen je nach Dense Image Matching-Methode und Bildauflösung/-überlappung nicht korrekt rekonstruiert werden kann.

Solche Mängel sind jedoch meist nur beim Betrachten der höchsten Auflösungsstufe sichtbar. Schlussendlich liegt es im Ermessen des Kunden, ob er die Mehrkosten für ein hochqualitatives Orthofoto ohne solche Unzulänglichkeiten aufwenden will.

Die mittels automatischer Stereoauswertung gewonnen 3D-Punktewolken können analog zu Lidar-Aufnahmen für die Generierung von Oberflächen- und Terrainmodellen genutzt werden. Während man aus Luftbildern relativ einfach hochaufgelöste Oberflächenmodelle und Orthofotos gewinnen kann, ist die Ableitung eines Terrainmodells mit viel manuellem Aufwand verbunden. Insbesondere bei einem grossen Anteil an Vegetation und Kunstbauten sind oft zusätzliche terrestrische Aufnahmen notwendig, um das Terrain korrekt in einem Modell abzubilden.

Aus diesen Gründen setzt KOPA für die Ableitung von Terrainmodellen aus UAV-Aufnahmen unterschiedliche vordefinierte Auswerteprozesse ein, um auf die jeweiligen Kundenanforderungen zugeschnittene Resultate anbieten zu können.

## Hohe Genauigkeiten durch optimale Auswertemethoden

Optimierte Auswerteprozesse ermöglichen Resultate mit einer hohen geometrischen Qualität. Eine Qualitätskontrolle anhand von Kontrollpunkten und mittels Überlagerung von vorhandenen Vektordaten (AV, LK) gehört bei jedem Projekt zum Standard-Auswerteablauf. Diese ergeben jeweils eine durchschnittli-

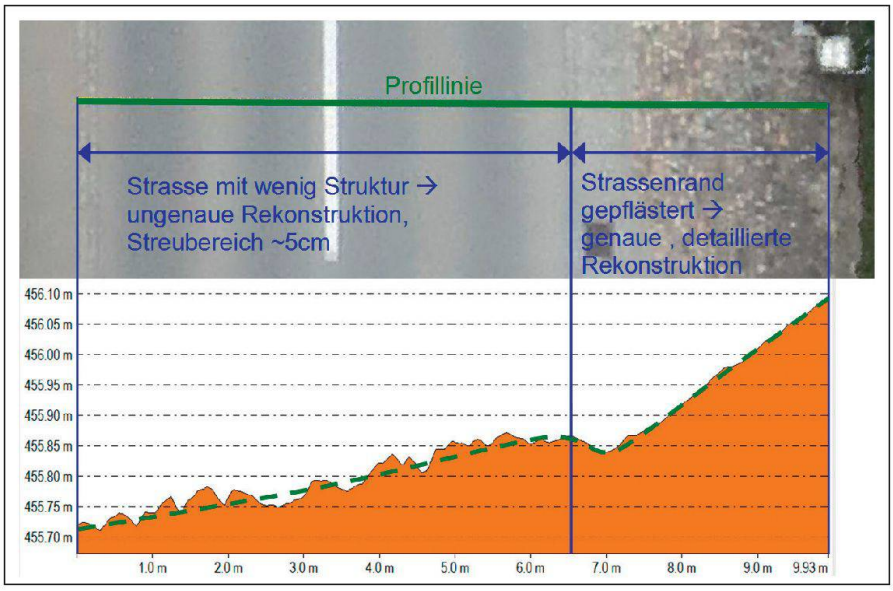



Abb. 2: Beispiel Rekonstruktionsgenauigkeit mittels Dense Image Matching im Strassenbereich, Orthofoto (oben) und Querprofil (unten) – Vergleich Soll-Profil (grün gestrichelt) mit Profil durch rekonstruierte Oberfläche (orange).

che absolute Genauigkeit (einfache Standardabweichung) von 1 Pixel in der Lage und 2 Pixel in der Höhe. Unter optimalen Flugbedingungen und bei hohen Überlappungen können diese Werte jedoch deutlich unterboten werden.
Die Genauigkeit der über Dense Image Matching generierten Oberfläche hängt in erster Linie von der Oberflächenstruktur ab. Ist in den Luftbildern an bestimmten Stellen nur wenig oder keine Struktur erkennbar, wird dort auch die rekonstruierte Oberfläche ungenau oder das Dense Image Matching liefert gar keine Resultate. Wasseroberflächen oder frisch asphaltierte Strassen sind typische Beispiele für solche texturarme Bereiche. Andererseits werden stark texturierte Oberflächen wie Gebäudedächer oder gepflästerte Strassen hochgenau rekonstruiert (Abb. 2).

## Anwendungsbeispiele

Drohnenaufnahmen stellen für viele Anwendungen im Bereich der Vermessung und Geoinformation eine kostengünstige Alternative zu herkömmlichen Aufnahmemethoden dar.

### Orthofoto für Gemeinde-GIS

Hochaufgelöste Orthofotos über das Baugebiet mit einer geometrischen Auflösung von 5 cm bieten wichtige Zusatzinformationen zu den vorhandenen Vektordaten im kommunalen Web-GIS (Abb. 3). Ein Orthofoto über eine grosse Gemeinde kann eine Datenmenge von mehreren Dutzend GB aufweisen. Um die enormen Datenmengen ohne wesentliche Verzögerungen darstellen zu können, betreibt KOPA einen eigenen WMS-Server. Über diesen dedizierten Server werden ausschliesslich hochaufgelöste Rasterdaten für Drittanwender zur Verfügung gestellt, was eine sehr flüssige Darstellung von hochaufgelösten Orthofotos in einer beliebigen GIS-Umgebung ermöglicht.

### Gelände- und Dachaufnahmen für den Architektur-Modellbau

Für Baugesuche und Sondernutzungspläne werden immer öfter physische Architekturmodelle gefordert, welche nebst Bauprojekten auch die bestehende Umgebung beinhalten sollen. Im Vergleich zu terrestrischen Aufnahmen ermöglichen UAV-Aufnahmen eine sehr effiziente Erfassung von Terrain- und Dachhöhen. Im Nachhinein können aus den Luftbildern jederzeit ohne zusätzliche Feldbegehungen ergänzende Höheninformationen gewonnen werden (Abb. 4).

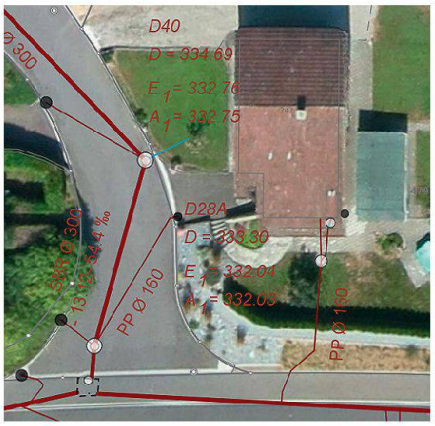



Abb. 3: Orthofoto 5 cm im WebGIS, überlagert mit AV- und LK-Daten.

### Geländemodelle für Volumenberechnungen im Materialabbau

Die UAV-Photogrammetrie ist insbesondere für Deponie- und Materialabbauplanungen prädestiniert. Da meist nur wenig störende Vegetation und Kunstbauten vorhanden sind, können mit wenig Aufwand sehr detaillierte Geländemodelle generiert werden, welche wiederum sehr genaue Volumenberechnungen ermöglichen. Permanent markierte Passpunkte erlauben ein kostengünstiges periodisches Monitoring von Abbau- und Auffüllvolumen (Abb. 5).

### Fassadenaufnahmen

Multikopter eignen sich sehr gut für Fassadenvermessungen. Analog zur Aufnahme von Luftbildern wird eine Fassade streifenweise abfotografiert. Über tachymetrisch eingemessene Passpunkte werden die Bilder absolut orientiert. Eine massstäbliche Fassadenansicht in der Form eines Orthofotos kann anschliessend dazu dienen, einen vektoriellen Fassadenplan zu erstellen (Abb. 6). Ein wesentlicher Vorteil dieser Aufnahmemethode im Vergleich zu tachymetrischen Aufnahmen oder terrestrischem Laserscanning liegt darin, dass beispielsweise Fensterbänke in oberen Geschossen und Dachaufsichten ohne Abschattungen in einer hohen Auflösung erfasst werden können.

## Fazit und Ausblick

Die drohnengestützte Photogrammetrie erlaubt eine sehr effiziente Erfassung von einzelnen Objekten bis hin zu Flächen mit

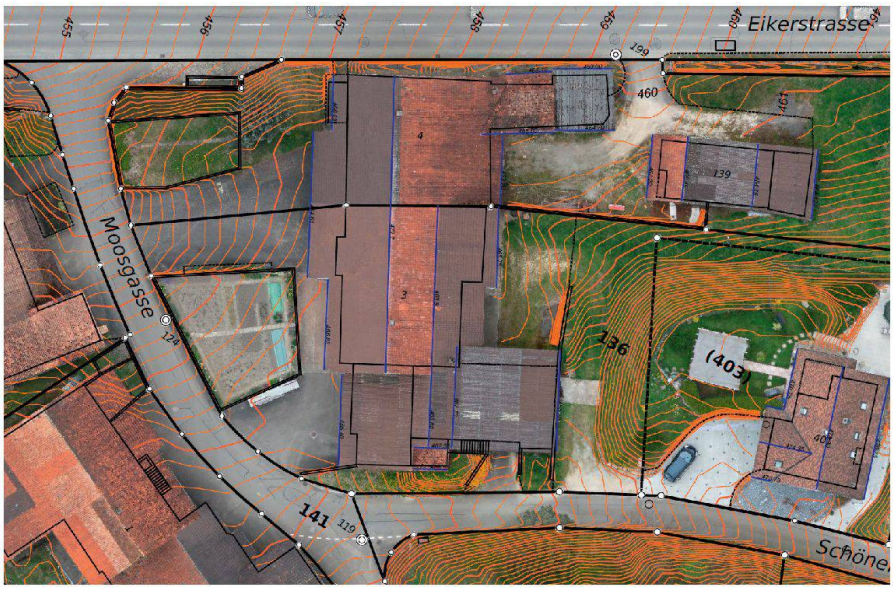



Abb. 4: Orthofoto 2 cm, überlagert mit AV, Höhenkurven und Dachhöhen.

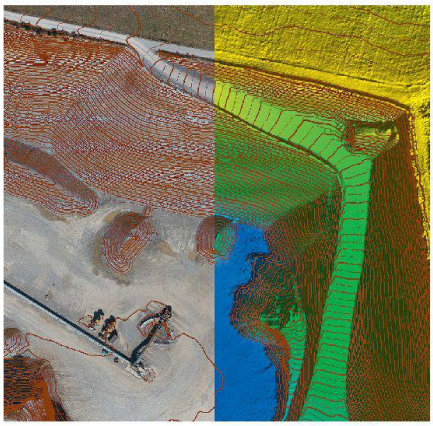


Abb. 5: Geländemodell für Abbauplanungen und Volumenberechnungen am Beispiel einer Kiesgrube, links: Orthofoto, rechts: Höhenmodell eingefärbt.

einer Ausdehnung von mehreren km$^2$. Ein wichtiger Vorteil gegenüber bemannten Aufnahmesystemen ist die kostengünstige, rasch verfügbare Datenerfassung in hoher Auflösung, zudem können die Systeme sehr flexibel eingesetzt werden. Der Einsatz moderner Software und eingespielte Bearbeitungsabläufe ermöglichen zeitnahe Auswertungen in hoher geometrischer Qualität. Obwohl mit gängigen Softwarepaketen die Bildauswertung einfach scheint und auch relativ schnell ein gut aussehendes Resultat erreicht werden kann, ist für erhöhte Genauigkeits- und Qualitätsanforderungen weiterhin vertieftes Wissen in der Photogrammetrie eine Grundvoraussetzung. Dank der fundierten und jahrelangen Erfahrung in den Bereichen der Vermessung und der Photogrammetrie konnten seit der Einführung von Drohnen bei KOPA zahlreiche Projekte zur vollsten Zufriedenheit der Kunden abgewickelt werden.

In Zukunft wird sich die auf photogrammetrische Erfassung spezialisierte Drohnentechnologie wohl besonders in Richtung der direkten Georeferenzierung sowie zum Einsatz von hochwertigeren Kameras und Objektiven mit geringem Gewicht weiterentwickeln. Weiter ist bei der Leistungsfähigkeit der Akkus und somit bei der Reichweite noch grosses Entwicklungspotenzial vorhanden. Diese



Abb. 6: Fassadenplan mit hinterlegtem Orthofoto.

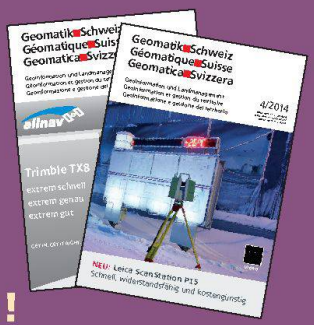
Fortschritte werden in der Praxis zu einer grösseren Verbreitung und zu weiteren Einsatzmöglichkeiten führen.

Fabian Huber
MSc Geomatik FHNW
KOPA Geoservices GmbH
Im Bifang 2
CH-5080 Laufenburg
fabian.huber@kopa.ch

**Wer abonniert, ist immer informiert!**

**Geomatik Schweiz vermittelt Fachwissen – aus der Praxis, für die Praxis.**

**Jetzt bestellen!**




**Bestelltalon**

Ja, ich **profitiere** von diesem Angebot und bestelle Geomatik Schweiz für:
☐ 1-Jahres-Abonnement Fr. 96.– Inland (12 Ausgaben)
☐ 1-Jahres-Abonnement Fr. 120.– Ausland (12 Ausgaben)

Name _____ Vorname _____
Firma/Betrieb _____
Strasse/Nr. _____ PLZ/Ort _____
Telefon _____ Fax _____
Unterschrift _____ E-Mail _____

Bestelltalon einsenden/faxen an: SIGImedia AG, Pfaffacherweg 189, Postfach 19, CH-5246 Scherz
Telefon 056 619 52 52, Fax 056 619 52 50, verlag@geomatik.ch