

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: 112 (2014)

Heft: 9

Artikel: vAIRmessung in der Schällibaum AG

Autor: Zwicky, A.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-389511>

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: 08.02.2025

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

vAIRmessung in der Schällibaum AG

Der Trend zur Vermessung mit Hilfe unbemannter Flugobjekte hat 2012 die Schällibaum AG erfasst. Sie stand somit am Anfang des spannenden Prozesses, welcher mit dem Erschliessen eines neuen Tätigkeitsgebiets in der Vermessung verbunden ist. Angefangen bei der Suche und Beschaffung geeigneter Hard- und Software, über die Integration der neuen Datenerfassungsmethode im eigenen Ingenieurbüro bis hin zur Vermarktung bei den Kunden. Nach zwei Jahren intensiver Arbeit, können wir auf eine gelungene Lancierung des Fachbereichs «vAIRmessung» zurückblicken.

La tendance à la mensuration à l'aide de drones a aussi gagné, en 2012, l'entreprise Schällibaum SA. Elle s'est ainsi placée au début du processus passionnant consistant à accéder à un nouveau domaine d'activité de la mensuration: à commencer par chercher et acquérir des logiciels et appareils informatiques adéquats en passant par l'intégration des nouvelles méthodes de saisie des données dans son propre bureau d'ingénieurs pour finir à la commercialisation auprès des clients. Après deux ans d'intense travail nous avons la satisfaction d'avoir lancé la spécialité «vAIRmessung».

La tendenza a effettuare le misurazioni con velivoli senza pilota (UAV) è stata colta al volo nel 2012 dalla Schällibaum AG che ha esteso le sua attività a un nuovo e interessante settore collegato alle misurazioni. Si è iniziato col cercare il software e l'hardware giusti, si è in seguito passati all'integrazione dei nuovi metodi di rilevazione dei dati nel proprio studio d'ingegneria fino ad arrivare alla commercializzazione presso i clienti. Dopo due anni di intensi lavori si può oggi parlare del lancio riuscito del campo specifico della «misurazione vAIR».

A. Zwicky

Einleitung – Flugsystem und Zielmarkt

Die wachsende Entwicklung im Bereich der unbemannten Flugsysteme hat in den letzten Jahren auch die Vermessungsbranche erreicht. Bewährte Methoden der Luftbild-Photogrammetrie werden auf den kleineren Massstab übertragen. Im Gegensatz zur früher teuren Methode macht die Nutzung von unbemannten Flugobjekten und kostengünstigeren Kamerasystemen die Photogrammetrie heute wieder attraktiver. Nach einer intensiven Bedürfnis- sowie Angebotsanalyse hat sich die Schällibaum AG im 2012

entschieden, in dieses neue Tätigkeitsgebiet zu investieren.

Die Schällibaum AG mit Hauptsitz in Wattwil beschäftigt rund 75 Mitarbeiter/innen und ist in den Bereichen Bauingenieurwesen, Architektur und Geomatik tätig. Der Fachbereich Geomatik deckt bislang die Teilbereiche Ingenieur- und Bauvermessung, Monitoring, Gelände- und Gebäudeaufnahmen ab.

Mit der Anschaffung des Vermessungskopters stossen wir in ein neues Tätigkeitsfeld vor. Dieser Anschaffung geht eine intensive Suche nach verschiedenen Modellen und Herstellern von Flugplattformen voraus. Schnell wurde klar, dass für unsere Bedürfnisse ein System auf Basis eines Multikopters passender ist, als ein System basierend auf einem Trag-

flächenflieger. Denn nebst dem Einsatz für die Aufnahme von Bildblöcken, soll das Fluggerät auch für Inspektionen und Luftbildaufnahmen eingesetzt werden.

Mit dem Begriff «vAIRmessung», zusammengesetzt aus «Vermessung+Air», haben wir einen treffenden Überbegriff für das neue Tätigkeitsfeld geschaffen. «vAIRmessung» steht aber nicht nur für Vermessungstätigkeiten, sondern für sämtliche Tätigkeitsfelder, welche wir mit unserem UAV-System (Unmanned Aerial Vehicle) abdecken.

Die Einsatzgebiete eines Multikopters sind äusserst vielfältig. Das Kerngebiet, in welchem die Schällibaum AG das UAV-System nutzt, ist die Photogrammetrie. Die systematischen Befliegungen erfolgen, wo es die Bedingungen erlauben, mit dem «Autopiloten» mittels GNSS/IMU-Technologie (Globales Navigationssatellitensystem/Inertiale Messeinheit) praktisch autonom. In anspruchsvollen Gebieten mit Hindernissen oder fehlendem GNSS-Signal (z.B. Indoor, enge Schluchten, unter Brücken etc.) werden die Flugaufnahmen mit der Unterstützung der barometrischen Höhenbestimmung manuell gesteuert. Als weitere regelmässige Einsatzgebiete sind die Bild- und Videoaufnahmen für Inspektionen und Luftbilder zu Repräsentations- oder Werbezwecken zu nennen.

Als Flugplattform nutzen wir eine sehr innovative und patentierte Lösung, deren einzigartige V-Form ein uneingeschränktes Sichtfeld in alle Richtungen ermöglicht. Anders als bei den meisten Multikoptern auf dem Markt, kommen bei der V-Form die Rotorblätter nicht in das Sichtfeld der Kamera. Somit reicht deren Sichtfeld von senkrecht nach oben bis zur Nadiraufnahme. Der Nick-Winkel der Kamera kann jederzeit von der mobilen Bodenstation aus verändert werden. Das maximal 2.2kg schwere Fluggerät und die mobile Bodenstation können durchaus über weitere Distanzen in unwegsamem Gelände zu Fuss transportiert werden. Die Kamera des Multikopters kann leicht ausgebaut und gegen andere Sensoren wie Video-, Thermal- oder Infrarotbildkamera ausgetauscht werden. Für Luftbild-

aufnahmen setzen wir eine Sony-Nex5N Kamera mit Festbrennweite und Wechselobjektiven ein. Die Kamera sendet ein Live-Vorschaubild auf den Monitor der mobilen Bodenstation. So können Bildausschnitte ganz gezielt aufgenommen und die gewählten Belichtungsparameter im Flug überprüft werden. Bei anspruchsvollen Aufnahmen kann die Kamera durch eine zweite Person unabhängig vom Piloten bedient werden.

Arbeitsfluss

Der Arbeitsablauf unterscheidet sich je nach Einsatzzweck des Foto-Kopters. Nachfolgend beschrieben ist der Arbeitsablauf bei automatisierten, systematischen Befliegungen für photogrammetrische Auswertungen.

Fliegen

Um einen effizienten Einsatz des Foto-Kopters auf dem Feld zu gewährleisten, ist eine durchdachte Planung der Aufnahmen nötig. Als erster Schritt in der Arbeitsplanung ist die detaillierte Analyse der Bedürfnisse des Auftraggebers nötig. Für viele Nutzer von Gelände- und Objektinformationen ist der Einsatz von Multikoptern und der photogrammetrischen Auswertung neu. Es ist folglich eine Menge Aufklärungsbedarf bezüglich der erstellten Endprodukte nötig und es ist im Voraus abzuklären, ob die grossen Datenmengen von den CAD-Systemen des Auftraggebers verarbeitet werden können. Nach der Bedürfnisanalyse folgt die eigentliche Flugplanung, in welcher die Flugroute und Flughöhe des Kopters definiert werden. Hierzu muss das aufzunehmende Gebiet auf Störobjekte wie hohe Bäume, Stromleitungen/-masten oder Hochhäuser wie aber auch auf die flugrechtlichen Aspekte (z.B. Luftkorridore, Kontrollzonen etc.) hin untersucht werden. Gegebenenfalls müssen Massnahmen getroffen werden, um einen reibungslosen Flug sicherzustellen. Nebst der Definition der Flugroute gehört auch die Planung der Passpunktanordnung zur Flugvorbereitung. Die Materialisierung der Passpunkte stellt dann auch den

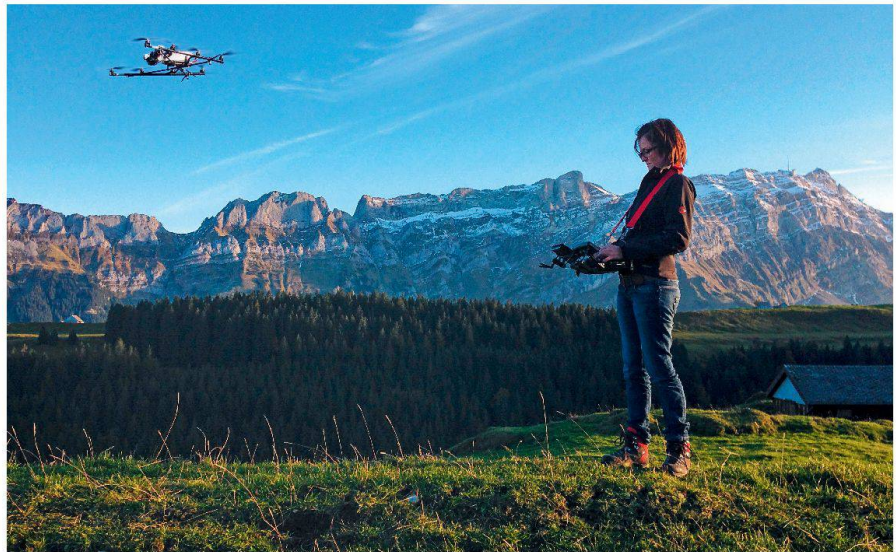


Abb. 1: UAV im Einsatz für Filmaufnahmen im Alpsteingebiet.

grössten Arbeitsaufwand der Feldarbeit dar. Zusätzlich zu den Passpunkten werden auch einige natürliche Kontrollpunkte für die Qualitätskontrolle gemessen. Im Regelfall nutzen wir die Simultankalibrierung bei der Bildorientierung, wodurch keine separaten Bilder für die Kamerakalibrierung nötig sind.

Auswerten

Der eingesetzte Multikopter verfügt über einen Flugdatenschreiber. Aus diesem kann der Flugpfad erstellt werden und jedem Bild seine Aufnahmekoordinaten und Winkel zugewiesen werden. Diese Daten dienen als Startinformation für die relative Orientierung der Bilder über automatisch generierte Verknüpfungspunkte. Die manuelle Arbeit beschränkt sich auf das Messen der Passpunkte in den Bildern sowie das Ausmaskieren unerwünschter Objekte wie fahrende Autos oder Baukrane.

Nach der Georeferenzierung des Modells wird die dichte Punktwolke berechnet. Diese stellt in manchen Fällen bereits das Endresultat dar. Vielfach muss die Punktwolke noch weiter verarbeitet werden. Hierzu zählt die Klassifizierung der Punkte in Boden-, Vegetations- oder Gebäudeklassen wie auch das Erstellen einer triangulierten Oberfläche. Durch die Klassifizierung der Punkte ist es möglich, nicht nur Oberflächenmodelle, sondern

auch Geländemodelle zu erstellen. In einem weiteren Schnitt kann ein Orthophoto erstellt werden.

Die Genauigkeit und Auflösung der erstellten Orthophotos sowie 3D-Modelle sind abhängig von der Distanz zum Objekt, im Allgemeinen also von der Flughöhe. Die Flughöhe ist dabei meist ein Kompromiss aus Auflösung und zeitlichem Aufwand. Bei einer Flughöhe von 50m wird meist eine maximale Auflösung von 2.5cm und eine theoretischen Lage- und Höhengenaugigkeit von 5–7cm erzielt. Die Erfahrung aus tachymetrischen Kontrollmessungen hat gezeigt, dass bei gut definierten Oberflächen wie Baugruben, Strassen oder Kiesplätzen die UAV Aufnahmen auf ein bis zwei Zentimetern den tachymetrischen Messungen entsprechen.

Je nach Auftrag werden die Daten weiterverarbeitet um Höhenlinien zu berechnen, Profile zu erstellen, Objekte zu digitalisieren oder Volumen zu ermitteln.

Modellieren

Aus den hochaufgelösten 3D-Daten können Modelle als Grundlage für Visualisierungen gerechnet werden. Da bei vielen Planeraufgaben nicht nur die digitalen Daten gefragt sind, stellen wir aus den Daten mit dem betriebseigenen Präzisionscutter und anderen Rapid-Prototyping-Verfahren physische Modelle her.

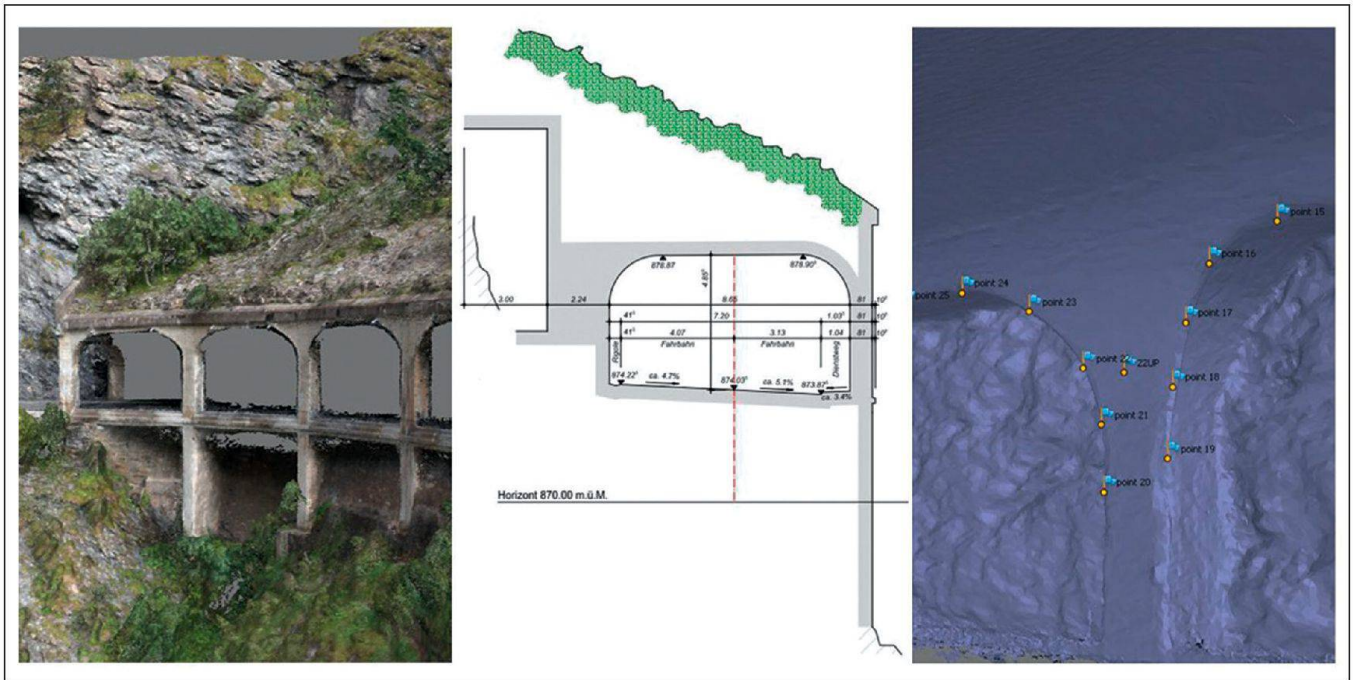


Abb. 3: Punktwolke aus UAV-Befliegung, Planerstellung und trianguliertes Modell der terrestrischen Aufnahme.

Fallbeispiele

Systematische Befliegung

In Pfäffikon SZ wurde das gesamte Areal um den Autobahnanschluss photogrammetrisch erfasst. Nachfolgend einige Fakten:

- Perimetergrösse ca. 20 ha
- Orthophoto mit Auflösung 5 cm/pix

- Digitales Oberflächenmodell (DOM) mit Auflösung 5 cm/pix
- Rund 180 Einzelbilder
- Bodenauflösung Einzelbild 2.7 cm/pix
- 85 m Flughöhe

Mit Hilfe des Orthophotos und des DOM können Randabschlüsse, Schächte und Verkehrszeichen in Lage und Höhe digi-

talisiert werden. Des Weiteren werden aus dem DOM Längs- und Querneigung der Strassen bestimmt. Für die Dokumentation sind zusätzlich Schrägbilder des gesamten Perimeters vorhanden. Die gesamten Aufnahmen konnten von der Feldequipe mit zwei Personen in fünf Stunden durchgeführt werden. Da bei der Aufnahme aus der Luft weder die Autobahn noch die Auf- und Abfahrten betreten werden, sind weder Unterhaltsdienst der Autobahn noch aufwendige Absperrmassnahmen mit Verkehrsbehinderungen nötig.

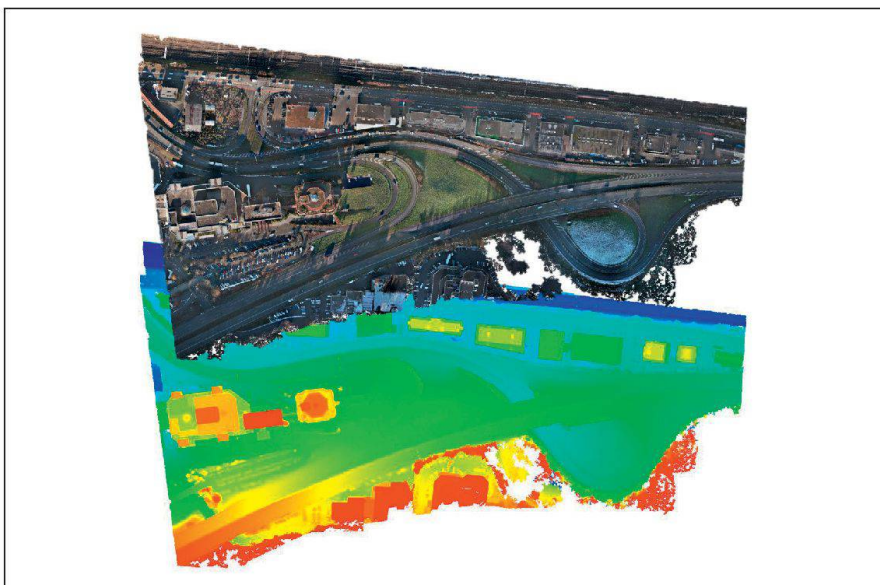


Abb. 2: Orthophoto und digitales Oberflächenmodell des Autobahnanschlusses Pfäffikon SZ.

Kombination mit terrestrischen Aufnahmen

Auf einem rund 500m langen Strassenabschnitt der Italienischen Strasse in der Viamalaslucht zwischen Thusis und Zillis befinden sich mehrere Brücken und Galerien. Für die Kunstbauten mit Baujahr 1930–1960 bzw. 1730 existiert kein digitales Planmaterial. Von den zwei Galerien, drei Brücken und dazwischen liegenden Strassenabschnitten werden im Auftrag des Tiefbauamtes Graubünden digitale Situationspläne, Quer- und Längsschnitte

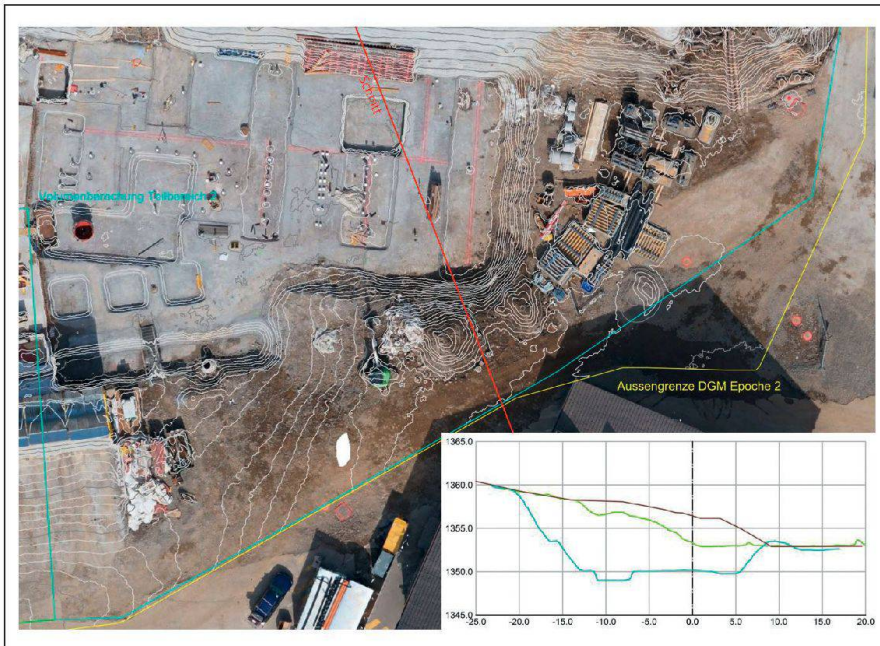


Abb. 4: Orthophoto überlagert mit Höhenlinien und Schnittdarstellung aller Epochen.

erstellt. Die Herausforderung besteht darin, das angrenzende Gelände zu erfassen. Das Gelände ist besonders steil und aufgrund der Topografie und der Stein-schlaggefahr unzugänglich.

Für die Aufnahmen werden verschiedene Aufnahmetechniken miteinander kombiniert. Strassen, kleinere Mauern sowie verdeckte Objekte werden tachymetrisch aufgenommen. Das angrenzende Gelände sowie die Galerieüberdeckung werden mittels UAV-Aufnahme und photogrammetrischer Auswertung modelliert. Die Innenseite der Galerien und Teile der drei Brücken werden mit Hilfe von terrestrischer Photogrammetrie erfasst. Damit sämtliche Aufnahmen der unterschiedlichen Sensoren stimmig zusammengefügt werden können, ist ein verlässliches Fixpunktnetz nötig. Dazu wird auf der Grundlage der amtlichen Vermessung ein lokales dichtes Fixpunktnetz aufgebaut. Aus der Kombination aller Aufnahmen ergibt sich ein 3D-Modell mit sämtlichen Details. Dies ermöglicht es an beliebiger Stelle Schnitte zu erzeugen.

Als Nebenprodukt der photogrammetrischen Aufnahmen sind auch sämtliche Teile fotografisch erfasst, u.a. die Galerieüberdeckung oder überhängende Tei-

le, die von der Strasse aus nicht einsehbar sind.

In der Schlucht ist kein GNSS-Signal vorhanden. Das verunmöglicht eine systematische und automatische Befliegung. Die engen Platzverhältnisse und der Fakt, dass in der Schlucht nur selten Windstille herrscht, stellen grosse Herausforderung an die Flugfähigkeiten des Piloten. Flug-aufnahmen in solch komplexen Gebieten sind mit Multikoptersystemen durchaus machbar, auch weil der eingesetzte

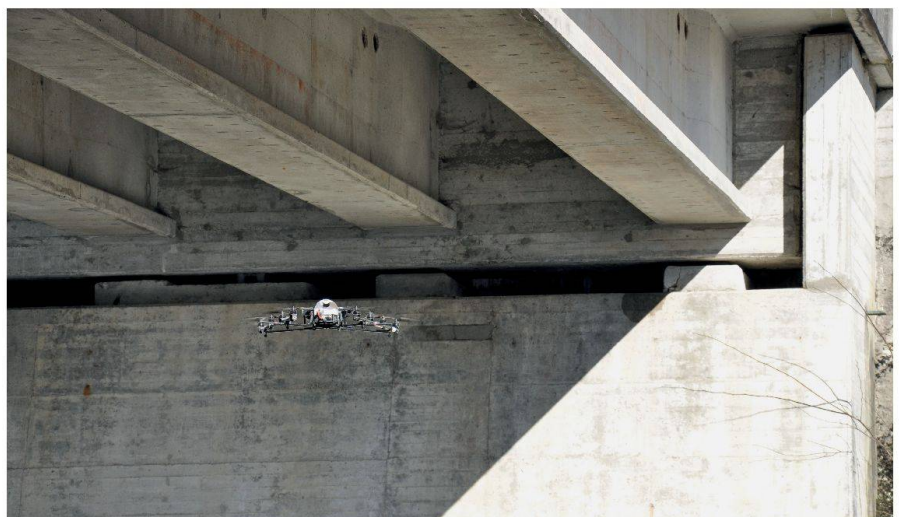


Abb. 5: UAV bei Inspektionsaufnahmen unter der Kronenbrücke.

Kopter auf kleinster Fläche starten und landen kann. Tragflächenflieger können hier nicht zum Einsatz kommen.

Kubatur-Berechnung bei Geländeverschiebungen

Am Fusse des Säntis auf 1350m ü. M. entsteht mit dem Neubauprojekt Schwäg-alp ein Ersatzbau für Gastronomie, Hotel, Seminarzentrum und Infrastruktur. Für die Projektierung des Neubaus wurde 2010 das Gebiet tachymetrisch vermes-sen. Für die Kubatur-Bestimmung des Aushubs wurde auf die UAV-Technologie gesetzt. Da nicht die gesamte Baugrube auf einmal freiliegt, wurde das Baugebiet im Oktober 2013 sowie im März 2014 systematisch befliegen. Aus den jeweils 90 Bildern werden Oberflächenmodelle mit durchschnittlich 400 Punkten pro Quadratmeter berechnet. Die Aufnahmen werden mit Hilfe von Passpunkten, welche mit GNSS eingemessen werden, im Schweizer Landeskoordinatensystem georeferenziert. Der Baustellenbetrieb läuft während der Aufnahmen aus der Luft störungsfrei weiter.

Für die Flugplanung ist zu beachten, dass entlang des Perimeterrandes die Trag-seile der Säntisschwebbahn verlaufen. Ausserdem sind auf der Baustelle zwei Baukrane im Einsatz. Mit Hilfe der bei-den aus der UAV-Befliegung erstellten Baugrubenmodelle sowie des Ursprung-



Abb. 6: Untersicht mit Werkleitungen aus der Sicht des Foto-Kopters.

geländes aus der tachymetrischen Vermessung wird der Aushub (Festmass) bestimmt. Vor der Volumenbestimmung werden sämtliche Störobjekte wie Baumaschinen und -material aus der Punktwolke entfernt. Dieser Teil nimmt bei der Auswertung den grössten Teil der Arbeit ein, da nur selten Baugruben ohne Installationen vorzufinden sind.

Aufgrund der texturreichen Oberfläche bieten Baugruben und Kiesabbaugelände äusserst vorteilhafte Bedingungen für die Aufnahme mit photogrammetrischen Methoden. Da die Aushubarbeiten auf der Schwägalp im Herbst angelaufen sind, stellt das Wetter eine Herausforderung für die Baugrubenaufnahme dar. So kann die Baugrube nur aufgenommen werden, wenn diese schneefrei ist. Die tiefen Temperaturen und Höhenlage setzen den sonst leistungsfähigen Akkus zu. So verkürzt sich die Flugzeit von

normalerweise rund 15 Minuten merkbar auf 7–9 Minuten. Während der Wintermonate ist im Allgemeinen ein besonderes Augenmerk auf die Akkuleistung zu legen, da die Flugzeiten bei tiefen Temperaturen grossen Schwankungen unterliegen.

Inspektion

Für die Erhaltung bestehender Bauwerke ist die Zustandserfassung als Grundlage für die Zustandsbeurteilung und Massnahmenempfehlung unerlässlich. Die Zustandserfassung erfordert eine visuelle Untersuchung des Objekts. Jedoch sind bei vielen Bauwerken grosse Teile nicht zugänglich wie bei Brücken, hohen Mauern oder Kraftwerken. Hier können die neusten Entwicklungen aus der UAV-Technik Abhilfe schaffen. Durch den Einsatz des 50mm Tele-Objektivs

wird sogar bei Distanzen von 20m zum Objekt eine Bildauflösung von 1.7mm pro Pixel erreicht. Die Inspektion mittels UAV-Technik ist nicht nur bei sehr grossen oder hohen Bauwerken hilfreich, sondern auch bei kleineren Objekten wie der Thurbrücke in folgendem Beispiel.

Die Kronenbrücke in Ebnet Kappel (Baujahr 1972) über die Thur ist leicht zugänglich, rund 25m breit und 6m über der Flusssohle. Durch den Einsatz des Foto-Kopters können Bilder der gesamten Brückenuntersicht, der Lager und der Widerlagermauern aus beliebiger Perspektive aufgenommen werden, ohne das Wasser bei den Aufnahmen im Februar 2013 zu betreten oder Hilfsmittel wie Gerüst, Leiter oder Untersichtgerät zur Hilfe zu nehmen. Durch die Abschattung des GNSS-Signals unter der Brücke kann nicht mit der GNSS basierten Positionsstabilisierung gearbeitet werden. Der Pilot muss dabei den Kopter manuell steuern und die Position laufend korrigieren.

Amanda Zwicky
MSc ETH Geomatik-Ing.
Gebhard Merk
Leiter Geomatik
Dipl. Geomatik-Ing. ETH
Schällibaum AG
Ingenieure und Architekten
Ebnetstrasse 143
CH-9630 Wattwil
a.zwicky@schaellibaum.ch
g.merk@schaellibaum.ch