

Evaluierung terrestrischer und UAS-basierter photogrammetrischer Datenprodukte

Evaluation of Terrestrial and UAS-based Photogrammetric Data Products

Sebastian d'Oleire-Oltmanns, Bernd Lackner

¹Department of Geoinformatics – Z_GIS, University of Salzburg ·
sebastian.doleire-oltmanns@sbg.ac.at

Zusammenfassung: In diesem Beitrag werden photogrammetrische Datenprodukte aus terrestrischen und UAS-basierten Aufnahmen evaluiert, um Vor- und Nachteile für die praktische Anwendung darzustellen. Betrachtet werden einzelne und kombinierte Datensätze. Als Untersuchungsgebiet wurde das Amphitheater der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Salzburg gewählt. Die geometrischen Strukturen erlauben eine objektive Evaluierung der Ergebnisse. Positive und negative Eigenschaften der Aufnahmestrategien werden identifiziert um die Anwendbarkeit einzelner bzw. kombinierter Aufnahmestrategien einzuschätzen.

Schlüsselwörter: Luftbilder, Structure from Motion, UAS, Punktwolke, photogrammetrisch

Abstract: *In this paper, photogrammetric data products derived from terrestrial and UAV based photographs are evaluated. The chosen study area is the amphitheatre located at the Department for Natural Sciences at the University of Salzburg. Clear geometrical structures provide an ideal environment for the objective evaluation of the individual acquisition strategies and the resulting data products. The positive and negative aspects of the data products are analysed as well as the applicability of the two different approaches.*

Keywords: *Aerial imagery, structure from motion, UAS, point cloud, photogrammetry*

1 Einführung und Motivation

Im Rahmen dieser Arbeit werden photogrammetrische Datenprodukte basierend auf terrestrischer Aufnahmen sowie UAS-basierten Aufnahmen gegeneinander verglichen und evaluiert. Diese Evaluierung wird im Rahmen eines praktischen Anwendungsfalles dargestellt. Es werden einzelne Datensätze als auch daraus kombinierte Versionen betrachtet.

Viele Anwendungsbereiche haben aktuell den Mehrwert der Einbindung dreidimensionaler Datensätze erkannt. Es werden zunehmend 3D-Informationen in bestehende Abläufe integriert um eine umfassendere Darstellung, Analyse oder Szenarien-Entwicklung zu erreichen. Der Einsatz unbemannter Luftfahrzeuge (engl. UAS) hat sich in den letzten Jahren etabliert und weitet sich kontinuierlich aus. Dabei spielen folgende Faktoren eine wesentliche Rolle: zum einen ist die Verfügbarkeit einfach zu bedienender und gleichzeitig zuverlässiger UAS-Plattformen zu einem moderaten Preis deutlich gestiegen; zum anderen erlauben die Softwareprodukte auch weniger (photogrammetrisch) versierten Nutzern eine rasche Auswertung der aufgenommenen Bilddaten (Colomina & Molina, 2014).

Das Prozessieren der aufgenommenen Luftbilder ermöglicht die Ableitung von Digitalen Oberflächenmodellen (DOM) welche als Grundlage dienen u. a. für die Ableitung von Massenbilanzen, für hydrologische Fragestellungen, sowie für Vorhaben im Bereich Monitoring. Eine Eigenschaft dieser abgeleiteten DOMs ist das Auftreten von Datenlücken in vertikalen Bereichen aufgrund fehlender Abdeckung durch das Bestreben von Nadir-Luftbildaufnahmen während der Flugkampagne (Campbell & Wynne, 2011).

Eine Möglichkeit diese Datenlücken zu füllen ist die Aufnahme terrestrischer Bilddaten mittels Kamera(sensor), welcher entsprechend gleich bzw. mindestens vergleichbar zu dem installierten Sensor am UAS ist. Das Prozessieren dieser vertikal orientierten Bilddaten resultiert ebenfalls in DOMs.

Die dargestellten Ergebnisse zeigen einen ersten Stand der Validierung als Ausschnitt eines längerfristig aufgesetzten Untersuchungsvorhabens. In Zukunft werden sowohl die Ergebnisse einer technischen Validierung erarbeitet als auch der Evaluierungsansatz auf weitere Untersuchungsgebiete ausgedehnt werden. Dabei geht es auch vorwiegend darum die Kombination verschiedener Datensätze in komplexeren Umgebungen vorzunehmen und zu evaluieren (z. B. Waldstandorte und alpine Bereiche).

2 Untersuchungsgebiet und Datenaufnahme

2.1 Untersuchungsgebiet Amphitheater

Das Amphitheater an der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Salzburg wurde als Untersuchungsgebiet ausgewählt (siehe Abb. 1). Der gewählte Ausschnitt für die Datenaufnahme hat eine Ausdehnung von etwa $30\text{ m} \times 35\text{ m}$. Der Standort ist durch seine geometrisch klaren Formen in horizontaler als auch vertikaler Richtung sehr interessant für den gewählten Ansatz einer 3D-Rekonstruktion aus Punktdaten. Auch die Unveränderlichkeit des Standortes erlaubt die Datenaufnahme zu verschiedenen Zeitpunkten wobei sich lediglich äußere Parameter wie beispielsweise die Beleuchtungssituation ändern.

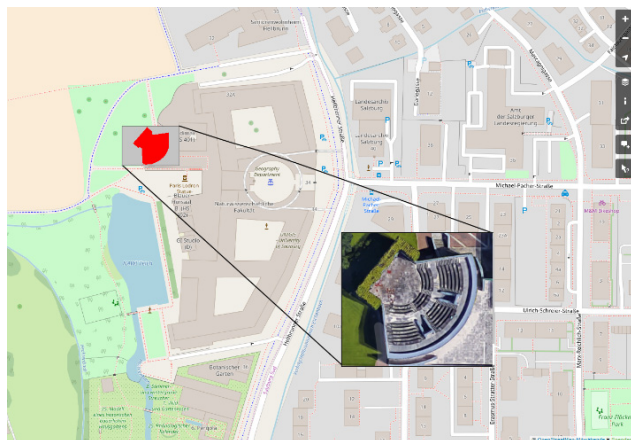


Abb. 1: Übersichtsdarstellung des Untersuchungsgebiets (eigene Darstellung; OSM, Google Maps)

2.2 Ausbringen und Einmessen von Passpunkten

Vor der Aufnahme von Daten wurden sowohl horizontal als auch vertikal Passpunkte ausgebracht und mittels dGPS (Geo 7x, Trimble) eingemessen. Es wurden zehn Passpunkte horizontal eingemessen, welche für die Verortung der UAS-basierten Bilddaten benutzt wurden. Für die Verortung der terrestrischen Daten wurden 13 Passpunkte vertikal positioniert. In beiden Fällen wurden die Passpunkte im Untersuchungsgebiet gleichmäßig verteilt.

Die Aufnahme der terrestrischen Daten erfolgte mittels einer digitalen Spiegelreflexkamera (Sony A57 SLT, Sigma Zoom Objektiv 17-50 mm, f1: 2.8 mit fixierter 28-mm-Brennweite) welche zusätzlich mit dem Mono ImageVector (RedCatch) ausgestattet war. Dabei handelt es sich um ein GPS-Modul welches auf dem Blitzschuh der Kamera befestigt wird. Der Mono ImageVector misst nach einer initialen Kalibrierungsphase die GPS-Position der Kamera zum Zeitpunkt der Bildaufnahme. Damit kann jedem terrestrischen Bild die Mittelpunkt-Position zugewiesen werden wodurch ein räumlich entsprechend genaues Prozessieren möglich ist.

2.3 Aufnahme der Bilddaten

Die Aufnahme der Bilddaten wurde aufgeteilt in UAS-basierte Bilddaten und terrestrische Bilddaten. Zur Aufnahme der UAS-basierten Bilddaten erfolgte eine Befliegung des Amphitheaters mit einem Hexakopter (twinHEX). Der Flug wurde auf einer Höhe von 40 Meter über Grund durchgeführt und folgte einem vordefinierten Flugplan. Um eine ausreichende Abdeckung des Gebietes sicherzustellen wurde die Befliegung insgesamt drei Mal durchgeführt. Für die Analyse erfolgte eine Auswahl aus allen aufgenommenen Bildern.

Die Aufnahme der terrestrischen Bilddaten erfolgte nach einer vorher definierten Route um eine lückenlose Abdeckung des gesamten Gebietes zu erreichen. Dabei wurden insgesamt fast 400 Bilder aufgenommen, welche sowohl den inneren Bereich des Amphitheaters abdeckten als auch die umgebenden Mauern erfassten. Die Aufnahme der Bilddaten erfolgte im Kameraeigenen RAW-Format, welches für weitere Analyseschritte in das JPG-Format konvertiert wurde.

3 Analyse der Daten

Alle Bilddaten wurden in Agisoft Photoscan (Version 1.3.4) prozessiert. Die Analyse der UAS-basierten Bilddaten wurde zuerst durchgeführt. Anschließend wurden die terrestrisch erfassten Bilddaten prozessiert.

Der Ablauf war für beide Datensätze identisch: Zuerst werden die Bilddaten als auch die Koordinaten der jeweils zu verwendenden Passpunkte in das Programm geladen. Anschließend erfolgt eine Zuweisung der Passpunkt-Koordinaten auf die in den Bildern jeweils enthaltenen Positionen der Passpunkte. Sobald diese initiale Orientierung der Bilder erfolgt ist, berechnet die Software einen Bildblock und leitet eine Punktwolke aus diesem Bildblock ab. Das Verfahren basiert auf dem Structure-from-Motion-Ansatz (Westoby et al., 2012) welcher für eine Triangulation möglichst viele und aus unterschiedlichen Positionen aufgenommen Bilder des jeweiligen Objektes benötigt. Die erstellten Punktwolken wurden exportiert

und in der Open-Source-Umgebung von CloudCompare zusammengefügt. Eine generische Darstellung des Workflows für die terrestrischen Aufnahmen ist in Abbildung 2 dargestellt.

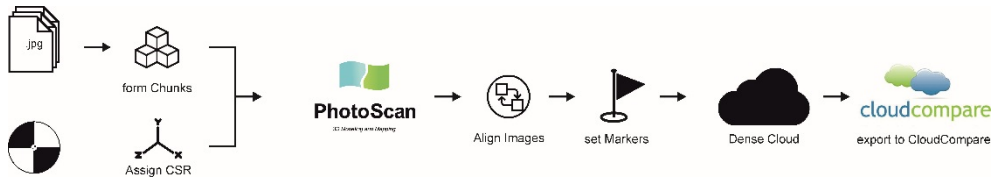


Abb. 2: Darstellung des Workflows für die Analyse der terrestrischen Bilddaten

4 Ergebnisse und Evaluierung

4.1 Punktwolken als Ergebnis

In Abbildung 3 ist das Ergebnis der UAS-basierten Bilddaten zu sehen. Die Punktwolke bildet den Bereich des Amphitheaters sowie etwas darüber hinaus gut ab. Datenlücken treten im Bereich der vertikalen Seitenwände auf. Ebenso sind Datenlücken im Bereich der beiden Eingangstunnel in das Amphitheater zu erkennen.

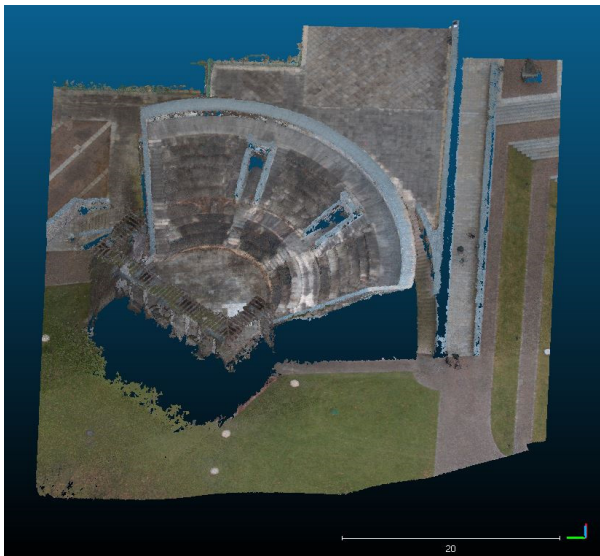


Abb. 3: Punktwolke basierend auf den UAS-Bilddaten. Die vertikalen äußeren Seitenwände des Amphitheaters konnten nicht rekonstruiert werden. Ebenso fehlen die Bereiche mit Baumbestand (Bereich links vorne in der Abbildung).

Die Punktwolke abgeleitet aus den terrestrischen Bilddaten ist in Abbildung 4 dargestellt.

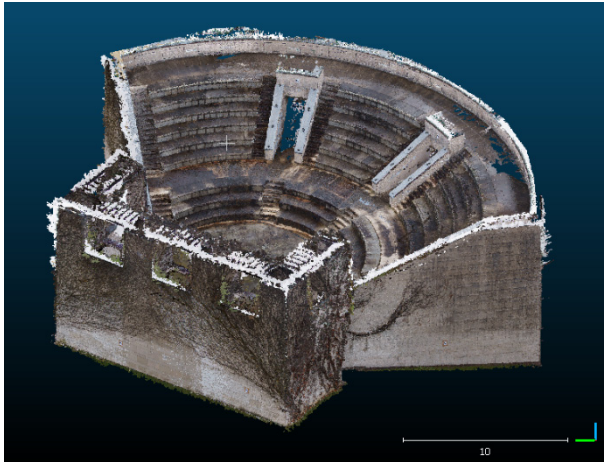


Abb. 4: Punktwolke basierend auf den terrestrischen Bilddaten. Die Seitenwände werden gut abgebildet. Im Bereich der Eingangstunnel kommt es zu Datenlücken.

4.2 Qualitative Validierung

Es erfolgte eine qualitative Validierung der Datensätze. Dabei wurden Kriterien definiert welche unabhängig eingeschätzt werden können. Diese sind nachfolgend tabellarisch dargestellt.

Tabelle 1: Qualitative Gegenüberstellung der beiden erstellten Punktwolken anhand unabhängiger Kriterien

		Punktwolke aus UAS-basierten Bilddaten	Punktwolke aus terrestrischen Bilddaten
Aufnahme	Anz. der Geräte	Kamera + GNSS Empfänger	Kamera + UAS + GNSS Empfänger
	Komplexität	moderat	Flugkampagne teils tückisch
	Arbeitsschritte	terr. Bilder + vertikale Passpunkte	Luftbilder + horizontale Passpunkte
Prozessierung	Vorbereitungen	keine	keine
	Manuelle Arbeiten	Marker positionieren + Bilder gruppieren	Marker positionieren + Bilder gruppieren
	Prozessierzeit	>24 Stunden	<10 Stunden
Evaluierung	Punktwolkengröße	124 Mio.	4,2 Mio.
	Detailliertheit	fein detaillierte Strukturen	wenig Detailliert & trübe Darstellung
	Endresultat	minimale Lücken	Vertikale Flächen ausstehend

positiv bewertete Eigenschaft
 neutral bewertete Eigenschaft
 negativ bewertete Eigenschaft

5 Diskussion

Die oben vorgestellten Ergebnisse weisen, wie aus Tabelle 1 zu entnehmen ist, sehr unterschiedliche Eigenschaften auf. Die Bewertung erfolgt auf qualitativer Basis und ist dem entsprechend bedingt abhängig vom Betrachter. Da beide Ansätze zur Erstellung dreidimensionaler Punktwolken spezifische Eigenschaften haben wirken sich diese Eigenschaften wiederum direkt auf die jeweiligen Ergebnisse aus. Somit hat jeder Ansatz abhängig vom Anwendungsgebiet bzw. Anwendungsfalls charakteristische Stärken und Schwächen.

Die Qualität der UAV-basierten Datenprodukte weist im Vergleich zu den terrestrischen Datenprodukten eine geringere Detailliertheit auf im Bereich der sehr feinen Objektstrukturen. Jedoch können größere Gebiete in kurzer Zeit analysiert werden. Aufgrund der hohen detaillierten Auflösung der terrestrischen Aufnahmen steigt der zeitliche Aufwand stark an. Dadurch ist dieser Ansatz eher für kleinräumige Projekte geeignet.

Durch die schnelle und einfache Handhabung des ImageVectors können unabhängig vom Gelände hoch detaillierte Punktwolken mit geringem Aufwand erstellt werden. Dies ist besonders in schwer zugänglichen Gebieten bzw. hochalpinen Räumen von großem Vorteil, da die zu tragende Last gering ausfällt. Eine entsprechende Möglichkeit bieten UAV die modular aufgebaut sind oder entsprechend neue Modelle welche sich durch ein geringes Gewicht und Packmaß auszeichnen.

Danksagung

Wir bedanken uns herzlich bei der Firma RedCatch für die Bereitstellung des ImageVecotrs im Rahmen dieser Arbeit. Ebenso bedanken wir uns bei Gerald Griesebner für die Unterstützung während der Datenaufnahme.

Literatur

- Campbell, J. B., & Wynne, R. H. (2011). *Introduction to Remote Sensing, Fifth Edition* (5th Edition). New York: The Guilford Press.
- Colomina, I., & Molina, P. (2014). Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 92, 79–97.
- Westoby, M. J., Brasington, J., Glasser, N. F., Hambrey, M. J., & Reynolds, J. M. (2012). “Structure-from-Motion” photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications. *Geomorphology*, 179, 300–314.