



Georgische Kirchen

3D Datenfusion von Laserscanning und Photogrammetrie

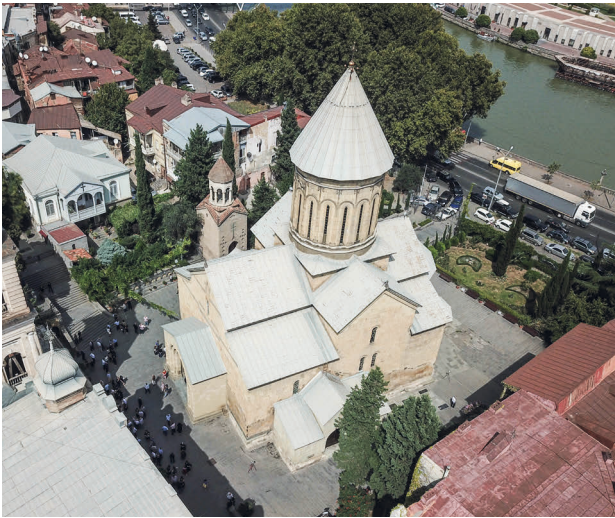


Abb. 1: Sioni-Kathedrale in Tbilisi, Georgien. Die Drohnenaufnahmen mit UAV DJI Mavic Pro [Luhmann et al. 2019].

Leitung:	Prof. Dr. Thomas Luhmann, Jade Hochschule Oldenburg
Bearbeitung:	Dr.-Ing. Maria Chizhova (KDWT)
Partner:	Institut für Angewandte Photogrammetrie und Geoinformatik (IAPG), Jade Hochschule Oldenburg, Georgische Technische Univer- sität, Fakultät für Architektur, Stadtplanung und Design, Tiflis (Georgien)
Laufzeit:	2018-2021
Finanzierung:	Interne Forschungsförderung des Instituts für Angewandte Photogrammetrie und Geoin- formatik (IAPG), Jade Hoch- schule Oldenburg

Im September 2018 wurden photogrammetrische Aufnahmen und terrestrische Laserscans als Teil einer Messkampagne zur dreidimensionalen Erfassung von historischen Kirchen in Georgien durchgeführt. Mehrere Projektziele wurden im Vorfeld definiert:

- 3D-Rekonstruktion des Außenbereichs der Gebäude;
- 3D-Rekonstruktion eines beispielhaften Innenraums;
- Einsatz und Untersuchung des neuen Scanners Leica BLK360 unter Praxisbedingungen;
- Kombination von UAV und terrestrischer Bildaufnahme mit terrestrischen Laserscans;
- Nutzung der Daten für zukünftige semantische Segmentierungsstudien;
- Nutzung der Daten für Restaurierungsarbeiten und touristische Zwecke

Im Rahmen laufender Forschungsarbeiten zur modellgestützten Rekonstruktion zerstörter Strukturen aus Punktwolken russisch-orthodoxer Kirchen (Chizhova et al. 2016) arbeiten die Jade-Universität Oldenburg und die Universität Bamberg mit der Georgischen Technischen Universität Tiflis zusammen. In einer einwöchigen Messkampagne wurden zwei Kirchen mit unterschiedlichen Messsystemen erfasst:

- Terrestrischer Laserscanner Faro Focus 3D X330
- Terrestrischer Laserscanner Leica BLK360
- UAV DJI Mavic Pro with FC 220 f=4.7mm
- DSLR Kamera Canon EOS 200D, f=10-20mm
- DSLR Kamera Canon EOS D6 Mark II, f=24-50mm

Beschreibung des Objektes

Das Lurdji-Kloster ist ein orthodoxer architektonischer Komplex in Tiflis (s. Abb. 1). Das Kloster wurde im 7. Jahrhundert gegründet, die ältesten Bestandteile stammen aus dem 12. Jahrhundert, was der Regierungszeit von Königin Tamar entspricht. Im 16. Jahrhundert wurde das Kloster von den Persern zerstört und erst ein Jahrhundert später wiederaufgebaut. Gegenwärtig besteht der Sakralkomplex aus zwei Kirchen und dem dazugehörigen historischen Park Vera.

Die Sioni-Kathedrale ist die historische Hauptkirche der Stadt Tiflis und eines der wichtigsten Zentren der georgischen Orthodoxie (s. Abb. 2). Der Bau der ursprünglichen Kirche wurde im 6. Jahrhundert durch den georgischen König Wachtang I. Gorgassali begonnen, der endgültige Bau stammt aus dem 7. Jahrhundert. Diese erste Kirche wurde nach der Gründung des Emirats Tiflis vollständig zerstört. Die neue Sioni-Kathedrale wurde im 12. Jahrhundert erbaut und durchlief



Abb. 2: Andreas Kirche des Lurdji-Klosters in Tiflis (terrestrische und Drohnenaufnahmen) [Luhmann et al. 2019].

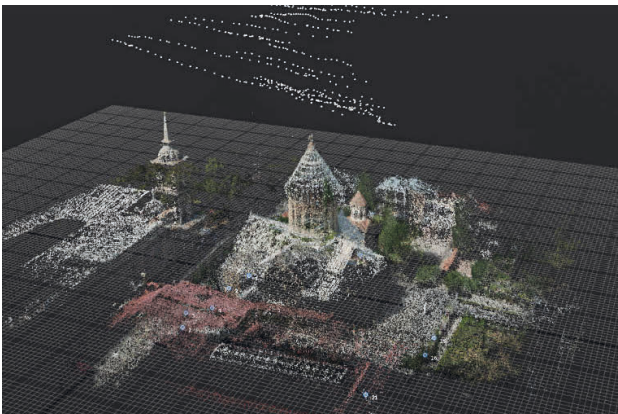


Abb. 3: oben – Sioni-Punktwolken von beiden Drohnenflügen; unten – Sioni-Punktwolken erstellt mit terrestrischen Laserscannern Leica BLK (links) und FARO Focus 3D (rechts) [Luhmann et al. 2019].

mehrere Zerstörungen und Wiederaufbauten (17. und 18. Jahrhundert). Nach ihrer Restaurierung in den Jahren 1980-1983 behielt die Kirche ihr mittelalterliches Aussehen und entspricht stilistisch der klassischen vormongolischen religiösen Architektur von Georgien.

Alle Objekte befinden sich in der Stadt Tiflis, der Hauptstadt von Georgien. Teile der Gebäude waren schwer zugänglich, da sie von der Vegetation oder sehr nahen Nachbargebäuden verdeckt wurden. Sondergenehmigungen für die Durchführung von UAV-Flügen waren zu dieser Zeit nicht erforderlich. Für jedes Objekt wurden mehrere

UAV-Flüge, zwei terrestrische DSLR-Bildsätze und zwei Laserscanning-Messungen durchgeführt (s. Abb. 3).

Das Ziel dieses Projekts war, die UAV-Photogrammetrie mit terrestrischen Bild- und Laserscannerdaten zu kombinieren, um eine genaue und vollständige 3D-Darstellung der Denkmäler zu erreichen. Im Laufe der Messkampagne war die vollständige räumliche Rekonstruktion mit einer räumlichen Auflösung und Genauigkeit von ca. 1 cm unter teilweise schwierigen äußeren Bedingungen, die die Kombination verschiedener Messtechniken erforderte. Die Bedeutung der Arbeit



Abb. 4: oben – 3D Modell von Lurdji-Kirche generiert durch Datenfusion von bilderhaften Aufnahmen in Agisoft PhotoScan (links) sowie in Kombination mit Laserscans in Reality Capture (rechts); unten – 3D-Modelle von der Sioni-Kathedrale generiert anhand Datenfusion in Reality Capture (links – mit FARO Laserscans, rechts – mit BLK-Laserscans) [Luhmann et al. 2019].

bestand auch in der Definition der epochalen Architektur im Zusammenhang mit der Expansionspolitik des russischen Imperiums und der Beeinflussung des lokalen Lebens durch orthodoxe Regeln, die sich in der Architektur mit ihren positiven und negativen Seiten widerspiegelt. Aus den Laserscans und den photogrammetrischen Bildern wurden zunächst einzelne Punktwolken erzeugt. Die photogrammetrischen Auswertungen wurden mit Agisoft PhotoScan und Reality-Capture durchgeführt. In einem anschließenden Fusionsschritt wurden die Punktwolken zu einem Gesamtmodell zusammengeführt.

Eine tachymetrische Kontrollpunktmessung konnte aus technischen Gründen nicht durchgeführt werden. Es wurde daher beschlossen, aus den registrierten Punktwolken des Laserscannings Paßpunkte zur photogrammetrischen Orientierung zu entnehmen.

Studien ähnlicher Art sind in der Literatur verfügbar, beziehen sich aber auf andere verwendete Hard- und Softwarelösungen. Beispiele sind Adamopoulos et al. (2017), Kersten et al. (2015) und Remondino (2011).

Die aufgenommenen Bilder zeigen unterschiedlich gute Konfigurationen für SfM (Structure from Motion Algorithmus). Während sich die UAV-Bildflüge aufgrund sehr hoher Überlappungen und einheitlicher Orientierungsdaten leicht orientieren lassen, ist dies bei den einzelnen terrestrischen Bildsätzen nur durch manuelle Eingriffe möglich.

Abbildung 4 zeigt die berechneten 3D-Modelle als Mesh (ca. 5mm Punktabstand). Die hohe Qualität wird einerseits durch die Vollständigkeit des Gesamtmodells belegt, andererseits zeigen Detailansichten aber auch, wie gut das Objekt rekonstruiert wurde, insbesondere an den schwer zugänglichen



Abb. 5: Detailansichten aus der mit RealityCapture berechneten Modellen [Luhmann et al. 2019].

Seiten (s. Abb. 5). Feinste Details wie das Gerüst am Eingang oder filigrane gusseiserne Zäune im hinteren Bereich wurden korrekt modelliert.

Da keine dieser Technologien die Aufgabe allein lösen konnte, war eine Datenfusion notwendig, um den Anforderungen gerecht zu werden. Aufgrund der großen Vielfalt der Abbildungsabstände können Auflösung und Genauigkeit innerhalb der Endpunktwolken jedoch variieren und wurden analysiert. Erste Ergebnisse dieses Projekts wurden von Luhmann et al. (2019) veröffentlicht. (Maria Chizhova)

LUHMANN, T. / CHIZHOVA, M. / GORKOVCHUK, D. / JEPPING, A. / HASTEDT, H.: *Kombination von terrestrischem Laserscanning, UAV- und Nahbereichsphotogrammetrie zur Erfassung komplexer Kirchenbauwerke in Georgien*. Publikationen der DGPF, Band 28, T. Kersten (ed.), 27-43, 2019.

ADAMOPOULOS, E. / TSILIMANTOU, E. / KERAMIDAS, V. / APOSTOLOPOULOU, M. / KAROGLU, M. / TAPINAKI, S. / IOANNIDIS, C. / GEORGOPOULOS, A. / MOROPOULOU, A.: *Multi-sensor documentation of metric and qualitative information of historic stone structures*, ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., IV-2/W2,1–8,2017 (<https://doi.org/10.5194/isprs-annals-IV-2-W2-1-2017>).

KERSTEN, T. / LINDSTAEDT, M. / MAZIULL, L. / SCHREYER, K. / TSCHIRSCHWITZ, F. / HOLM, K.: *3D-Erfassung, Modellierung und Visualisierung der Festungsanlage Kristiansten in Trondheim durch Photogrammetrie und terrestrisches Laserscanning im Rahmen von ERASMUS-Programmen*. Publikationen der DGPF, Band 24, T. Kersten (ed.), 78-89, 2015.

REMONDINO, F.: *Heritage Recording and 3D Modeling with Photogrammetry and 3D Scanning*. Remote Sensing, 3(6), 1104-1138, 2011.