

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: 106 (2008)

Heft: 9

Artikel: Kombinierte Auswertung von terrestrischen und UAV-Bildern für die 3D-
Modellierung des Schlosses Landenberg

Autor: Eisenbeiss, H. / Sauerbier, M. / Püschel, H.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-236538>

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: 06.05.2025

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

Kombinierte Auswertung von terrestrischen und UAV-Bildern für die 3D-Modellierung des Schlosses Landenberg

Im Rahmen einer Bachelor-Arbeit an der ETH Zürich wurde das Schloss Landenberg in Sarnen (Kanton Obwalden) mittels kombinierter Auswertung von terrestrischen und UAV-Bildern modelliert und photorealistisch texturiert. Diese Arbeit wurde am ISPRS-Congress in Peking 2008 im Rahmen des Youth Forum vorgestellt und demonstriert das Potenzial von UAVs (Unmanned Aerial Vehicle) – autonom fliegenden Flugobjekten – für Anwendungen in der Photogrammetrie. Der Arbeitsablauf für die 3D-Modellierung setzt sich aus den folgenden Teilschritten zusammen: Projekt- und Flugplanung, terrestrische und UAV-basierte Bildaufnahme, Kamerakalibrierung, Vermessung der Passpunkte mittels GNSS (Global Navigation Satellite System), Messung der Pass- und Verknüpfungspunkte mit dem Softwarepaket Photomodeler 6, Modellierung und Texturierung des Objektes sowie die Visualisierung des generierten Endproduktes. Unter Verwendung von terrestrischen und UAV-Bildern konnte ein hochaufgelöstes texturiertes 3D-Modell vom Schloss Landenberg durch photogrammetrische Auswertung generiert werden. Das Paper [9] wurde mit dem «Youth Forum Best Paper Award» ausgezeichnet.

En cet article on démontre le processus de modélisation en 3D et de mappage de texture photo-réelle basés sur des images acquises avec un mini-UAV (Véhicule Aérien Autonome) en mode terrestre. Pour la génération d'un modèle de haute précision, un traitement photogramétrique combiné de ces images a été exigé. Le processus de travail effectué comporte les étapes suivantes: la planification de projet, la planification de vol, l'acquisition d'images terrestres et aériennes, l'étalonnage de caméra, la mesure des points de contrôle en utilisant GNSS (Système de positionnement par satellites), la mesure des points de contrôle et des points de lien sur les images en utilisant le logiciel photogramétrique Photomodeler 6, la modélisation et le mappage de texture de l'objet, et la visualisation du modèle final. Enfin, on a obtenu un excellent Modèle Tridimensionnel texturé de haute résolution du château Landenberg en combinant la Photogrammétrie terrestre et UAV. Cet article [9] a gagné le prix «Youth Forum Best Paper Award».

Nell'ambito di un lavoro di Bachelor presso il Politecnico di Zurigo si è realizzata una durch photogrammetrische Auswertung generiert werden. Das Paper [9] wurde mit dem modellizzazione del castello di Landenberg a Sarnen Canton Obvaldo), tramite la valutazione combinata di dati di immagini terrestri. Inoltre, si è provveduto a effettuare un rendering fotorealistico. Il lavoro è stato presentato quest'anno al congresso ISPRS di Pechino, durante il Youth Forum. In tale occasione si è anche fatta una dimostrazione del potenziale offerto dagli UAV (Unmanned Aerial Vehicle) – cioè i gli oggetti volanti senza equipaggio – per le applicazioni nella fotogrammetria. Il decorso operativo per la modellizzazione tridimensionale è composto dalle fasi seguenti: pianificazione del volo e del progetto, riprese di immagini terrestri e basate su UAV. Calibratura della fotocamera, misurazione dei punti d'appoggio tramite GNSS (Global Navigation Satellite System), misurazione dei punti d'appoggio e di congiunzione con il pacchetto software Photomodeler 6, modellizzazione e testurizzazione dell'og-

H. Eisenbeiss, M. Sauerbier, H. Püschel

Einleitung

Schloss Landenberg

Das sogenannte Schützenhaus ist ein Wahrzeichen von Sarnen und liegt auf einem Hügel im Westen der Obwaldener Kantonshauptstadt. Das Gebäude ist nicht nur von historischer Bedeutung für die Stadt Sarnen, sondern auch für den gesamten Kanton Obwalden. Das Schützenhaus ist eines von zwei Gebäuden, welche vom mittelalterlichen Schloss erhalten geblieben sind. Im 13. Jahrhundert wurde das Schloss von Rudolf von Habsburg erbaut und war bis zu seiner Zerstörung um 1291 das grösste Schloss in der Zentralschweiz. Von 1646 bis 1998 wurde das Schützenhaus als Versammlungsplatz der Landsgemeinde genutzt, heutzutage wird es vor allem für kulturelle Anlässe verwendet.

Aufgrund der Höhe und Lage des Gebäudes und der umliegenden Topografie war es nicht möglich, das Objekt zum Zweck einer kompletten 3D-Modellierung allein mit terrestrischen Bildern zu erfassen. Daher wurden zusätzlich Bilder von einem Mini-UAV (Unmanned Aerial Vehicle) aufgenommen. Im folgenden Text werden das verwendete UAV-System, der Arbeitsablauf der photogrammetrischen Auswertung mit den einzelnen Teilschritten sowie das Resultat der Arbeit vorgestellt.

Mini-UAV System

Die Luftbilder vom Schloss Landenberg wurden mit einer an dem Mini-UAV-System



Abb. 1: Mini-UAV der ETH Zürich (Surveycopter/weControl).

getto e visualizzazione del prodotto finale ottenuto. Utilizzando le immagini terrestri e UAV è stato possibile generare un modello 3D testurizzato in alta definizione del castello di Landenberg, effettuando una valutazione fotogrammetrica. Il lavoro è stato insignito del premio «Youth Forum Best Paper Award».

tem der ETH Zürich montierten digitalen Spiegelreflexkamera Nikon D2xs mit einem 18 mm-Objektiv aufgenommen (Abb. 1). Das Mini-UAV, ein autonom fliegender, benzinbetriebener Modellhelikopter Copter 1B (Surveycopter) [5], ist mit einem on-board Navigationssystem wePilot 1000 [7] der Firma weControl, einer Spin-off-Firma der ETH Zürich, ausgestattet. Dieses System stabilisiert den Modellhelikopter und übernimmt die Steuerung des Fluges sowie die Kontrolle der Helikopter-Funktionen [2], [3]. Der Flug des Mini-UAV-Systems wird mittels einer Bodenkontrollstation (weGCS) zusätzlich überwacht. Die Kontrollsoftware der Bodenstation navigiert das Mini-UAV im «assisted» und im autonomen Flugmodus entsprechend einer vordefinierten Flugroute. Die wesentlichen Vorteile von Mini-UAV Systemen, in unserem Fall einem Modellhelikopter, sind ihre hohe Flexibilität, schnelle Erfassung kleiner bis mittlerer Aufnahmegebiete, sowie ein genaues Abfliegen der geplanten Flugrouten mittels des integrierten GPS/INS-Navigationssystems.

Datenakquisition

Um das komplette Gebäude modellieren zu können, wurden terrestrische Bilder und Luftbilder aufgenommen. Für die Luftbildaufnahme wurden zwei Photoflüge durchgeführt. Der erste Flugpfad in Form eines Kreises um das Gebäude war mit 30 m über Grund und einem Radius von 25 m um den Gebäudemittelpunkt definiert. Entlang des Flugpfades wurden alle 15° (ca. alle 25 m) Bilder aufgenommen. Die Kamera war mit einem Winkel von 70° vom Horizont nach unten geneigt, so dass das Dach und die Fassade des Gebäudes im Bild sichtbar waren. Zusätzlich wurde ein Bildstreifen parallel zur Gebäudefront geflogen, wobei die Kamera in horizontaler Richtung senkrecht

zur Gebäudefassade ausgerichtet war (Abb. 2).

Weiterhin wurden zwei Sätze terrestrischer Bilder aufgenommen, einer bei Sonnenschein und einer bei bedecktem Himmel. Der zweite Satz Bilder wies optimale Belichtungsbedingungen auf, da durch das diffuse Licht kaum Schatten auftraten, und wurde daher zur Modellierung und Texturierung verwendet. Für die Aufnahme der terrestrischen Bilder kam ebenfalls die Nikon D2xs mit 18 mm-Objektiv zum Einsatz, welche nach Durchführung der Aufnahmen kalibriert wurde [9].

Zusätzlich wurden mit einem Leica System 1200 Passpunkte im RTK-Modus eingemessen. Die Auswertung der GPS-Messungen geschah unter Verwendung des SWIPOS-Dienstes der swisstopo und Berechnung einer virtuellen Referenzstation und ergab die Koordinaten der Pass-

punkte mit einer Genauigkeit von 2,5 cm, was für unsere Zwecke völlig ausreichend war [6].

Auswertung

Als erster Schritt der Bildauswertung war eine Vorprozessierung der Bilder erforderlich. Um Ungenauigkeiten, die durch chromatische Aberration verursacht werden können, zu minimieren wurde nur der grüne Farbkanal prozessiert. Dieser hat zwei Vorteile: Zum einen ist der Betrag der chromatischen Aberration in diesem Kanal am geringsten, zum anderen besitzt der grüne Farbkanal in der Regel den höchsten Informationsgehalt.

Aus den 71 terrestrischen und 72 UAV-Bildern wurden 19 terrestrische, 15 aus der kreisförmigen Aufnahmekonstellation und drei Frontalbilder für die folgende Orientierung und Modellierung ausgewählt. Bildorientierung und 3D-Modellierung wurden in der photogrammetrischen Nahbereichs-Software Photomodeler 6 durchgeführt [4]. Alle 37 ausgewählten Bilder wurden mittels manuell gemessener Verknüpfungspunkte in ei-



Abb. 2: Links: Flugpfad: Kreisförmig um das Gebäude (oben) und frontal zur Fassade (unten), Orthophoto: www.gis.ow.ch, 2008; rechts: Schrägaufnahme vom kreisförmigen Flugpfad (oben) und Fassade des Schützenhauses (unten).

nem Block mittels Bündelblockausgleichung im Schweizer Landeskoordinatensystem orientiert. Es ergaben sich als Genauigkeiten ein mittlerer RMS-Fehler von 1 Pixel und ein maximaler RMS-Fehler von 3.8 Pixel im Bildraum.

Zur Erstellung eines 3D-Modells des Schützenhauses wurden dann Punkte, Kurven und Flächen auf den Gebäudefassaden gemessen bzw. definiert. Zur Modellierung der gekrümmten Dachflächen der beiden Seitentürme wurden NURBS (Non Uniform Rational B-Spline) verwendet, die eine realistische und glatte Modellierung der Oberflächen erlaubten. Das abschliessend generierte 3D-Modell wurde in das 3ds-Format exportiert. Die Texturierung des generierten Geometrie-Modells wurde dann in der Open Source Software Blender [1] manuell durchgeführt, da die automatische Zuweisung von Texturen in Photomodeler keine zufriedenstellenden Resultate ergab. Hierzu wurden zunächst störende Objekte, z. B. Vegetation, in den Bildern retuschiert und die Bilder dann auf die jeweiligen Dreiecke entzerrt (Abb. 3).

Ergebnisse

In Blender wurden verschiedene Animationen mit Auflösungen von bis zu 1920 x 1080 Pixel produziert. Abbildung 4 zeigt einen Screenshot dieser hochauflösenden Visualisierung. Ausserdem wurde das texturierte 3D-Modell in das VRML-Format exportiert und steht damit auch für Echtzeit-Visualisierungen in hoher Qualität sowie als digitale Dokumentation des Schützenhauses in seinem heutigen Zustand zur Verfügung. Die Animationen sind auf der Homepage www.photogrammetry.ethz.ch/research/sarnen zum Download verfügbar. Eine detailliertere Beschreibung der Kamerakalibrierung, Bildorientierung, 3D Modellierung und Visualisierung findet sich in [9].

Ausblick

Mit dem vorgestellten Projekt wurde das grosse Potenzial von Mini-UAV basierten Bilddaten für die Architekturphotogram-

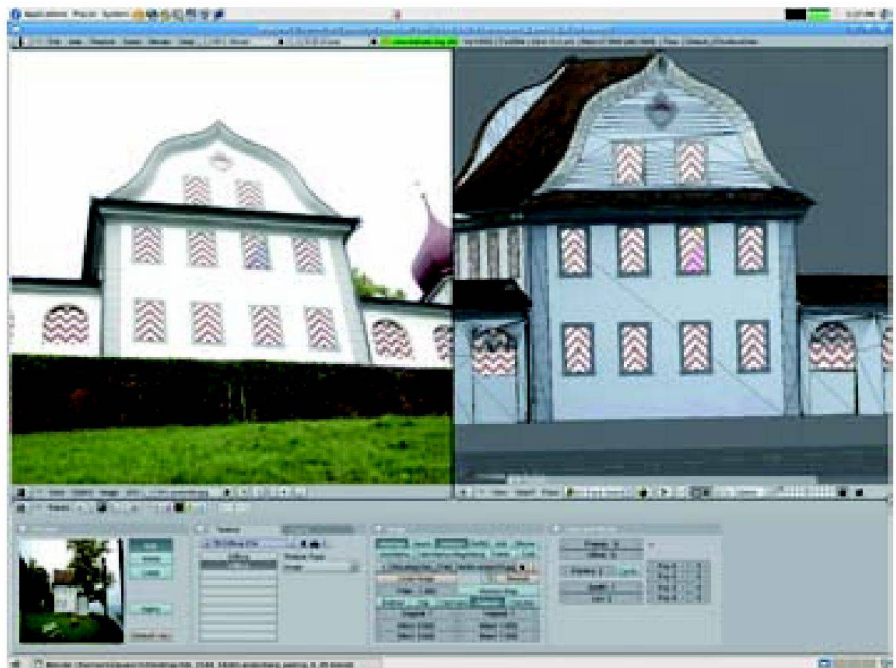


Abb. 3: Texture Mapping in Blender.

metrie verdeutlicht. Ein detailliertes, genaues und photorealistisch texturiertes 3D-Modell inklusive verschiedener Visualisierungen konnte mittels der Kombination terrestrischer Bilder und Mini-UAV-Bildern erstellt werden, wobei die UAV-Bilder insbesondere für die genaue Modellierung der Dachstrukturen und für die hochauflösende Texturierung der oberen Gebäudeteile von Vorteil waren. Im

Hinblick auf zukünftige Anwendungen von Mini-UAVs kann davon ausgegangen werden, dass sie für die Erfassung und Modellierung von Objekten kleiner und mittlerer Grösse vermehrt zum Einsatz kommen werden [8], [10], [11]. Auch die Integration von digitaler Kamera und Laserscanner auf Mini-UAVs ist derzeit in der Erprobung und wird künftig die Flexibilität dieser Systeme weiter steigern.



Abb. 4: Texturiertes 3D-Modell des Schlosses Landenberg.

Dank

Wir danken Frau Ruth Hug von der Abteilung Hochbau des Kantons Obwalden sowie unserem Backup-Piloten Daniel Kraettli für die Unterstützung im Projekt «Schloss Landenberg».

Literatur:

- [1] Blender, 2008. www.blender.org (accessed 10th March 2008).
- [2] Eisenbeiss, H., 2004. A mini unmanned aerial vehicle (UAV): System overview and image acquisition. International Workshop on Processing and Visualization using High Resolution Imagery, 18–20 November, Pitsanulok, Thailand. International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVI-5/W1, (CD-ROM).
- [3] Eisenbeiss, H., Sauerbier, M., Zhang, L., Gruen, A., 2005. Mit dem Modellhelikopter über Pinchango Alto. Geomatik Schweiz, (9), pp. 510–515.
- [4] Eos-Systems, 2008. www.photomodeler.com (accessed 10th March 2008).
- [5] Survey-Copter, 2008. <http://pagesperso-orange.fr/surveycopter/eindex.htm> (accessed 10th March 2008).
- [6] swisstopo, 2008. www.swisstopo.admin.ch (accessed 10th March 2008).
- [7] WeControl, 2008. www.wecontrol.ch (accessed 10th March 2008).
- [8] Gonzo, L., Voltolini F, Girardi, S. Rizzi, A. Remondino, F. El-Hakim, S.F., 2007. Multiple Techniques Approach to the 3D Virtual Reconstruction of Cultural Heritage. Eurographics Italian Chapter Conference 2007.
- [9] Püschel, H., Sauerbier, M., Eisenbeiss, H., 2008. A 3D Model of Castle Landenberg (CH) from combined photogrammetric processing of terrestrial and UAV-based images. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, vol. XXXVII, part B6b, pp. 93–98.
- [10] Zischinsky, T., Dorffner, L., Rottensteiner, F., 2000, Application of a new model helicopter system in architectural photogrammetry, IAPRS, Vol. XXXIII, Amsterdam.
- [11] Schulze-Horsel, M, 2007. «3D Landmarks – Generation, Characteristics and applications», Urdorf, Switzerland. www.commission5.isprs.org/3darch07/pdf/schulze-horsel.pdf (accessed 11th April 2008).

H. Eisenbeiss
M. Sauerbier
H. Püschel
Institut für Geodäsie und
Photogrammetrie
ETH Höggerberg
CH-8093 Zürich
ehenri@geod.baug.ethz.ch
msb@geod.baug.ethz.ch
pueschel@student.ethz.ch



Trimble® IS Rover

Keine Hindernisse – unendliche Möglichkeiten

Der Trimble® IS Rover bietet Ihnen die Freiheit, jederzeit die geeignete Vermessungsmethode zu wählen. Er vereint GNSS Rover und Totalstation zu einem System und macht damit Ihre Feldarbeit effizienter und komfortabler als je zuvor. Mit der einfach zu

bedienenden Feldsoftware wechseln Sie jederzeit blitzschnell mit nur einem Tastenклик zwischen GNSS und Totalstation. GPS-Search führt eine GPS-gestützte Zielsuche durch und lokalisiert Ihr Prisma zuverlässig in Sekundenschnelle.

allnav

allnav ag
Ahornweg 5a
CH-5504 Othmarsingen
www.allnav.com
Tel. 043 255 20 20
Fax 043 255 20 21
allnav@allnav.com

Geschäftsstelle in Deutschland: D-71522 Backnang



Branchenführende Innovation

- Kombination von GNSS und Tachymeter beim Messstab.
- Positionierung UND Orientierung des Instrumentes in EINEM Arbeitsgang.
- Wahl der Messmethode bei jedem Messpunkt individuell.
- GNSS und Tachymeter ohne Mehrkosten auch als Einzelsysteme getrennt nutzbar.

Trimble.