

# Untersuchung unzugänglicher untertägiger Bergwerksanlagen mittels Consumer-UAS

Robert Delleske | Andreas Oberrauner

## 1 Einleitung

Weil Form und Lage vieler vorhandener Untertagestrukturen kaum bekannt ist, stellt das Betreten solcher Hohlräume zur räumlichen Vermessung oft eine Gefahr für die Durchführenden dar. Um dennoch genaue Daten über Gestalt und Zustand in digital verarbeitbarer Form aus solchen Untertagebereichen zu gewinnen, wurde in einem Gemeinschaftsprojekt von Georesearch Forschungsgesellschaft und Geoconsult ZT GmbH ein UAS-gestützter Befliegungsservice entwickelt. Seriennahe – und damit relativ kostengünstige – UAVs stellen die Flugkomponente für diesen Service dar. Diese wurden – mit einem Schutzkäfig und passendem Geleucht für Untertage ausgestattet – in unterschiedlichen Hohlräumen auf ihre Verwendbarkeit getestet und die gewonnenen Kameradaten photogrammetrisch und videotechnisch ausgewertet. Damit steht der Service sowohl zur Inspektion als auch für räumliche Aufnahmen unzugänglicher Untertagebereiche zur Verfügung.

## 2 Servicestruktur

Am Markt erhältliche Drohnensysteme für den Untertageeinsatz zeichnen sich durch hohe Spezialisierung, rasche Weiterentwicklung und damit hohe

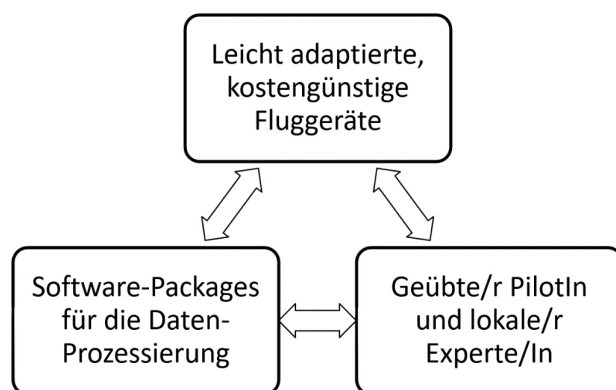


Abb. 1: Servicestruktur von UAS\_Underground

Anschaffungskosten aus. Flugbetrieb untertage unterscheidet sich jedoch wesentlich von Standardanwendungen im Gelände: Dunkelheit, begrenzte Räume, Feuchtigkeit und die Abwesenheit von Navigationssystemen erschweren die Datenaufnahme für ungeübte Piloten immens. Flugregelungseinrichtungen wie z.B. Abstandssensoren auf den UAVs

können nur begrenzt unterstützen, da sie zwar vor Abstürzen schützen können, jedoch auch die zu brauchbaren Ergebnissen führende Befliegungsrouten einer gewissen Routine bedarf.

Die Philosophie von UAS\_Underground ist es daher, günstige Flugsysteme zu verwenden und regelmäßiges Pilotentraining in die Servicestruktur zu integrieren (Abb. 1). Die nachfolgende Datenauswertung erfolgt in marktüblichen Softwarepaketen (Pix4D, CloudCompare, etc.).

### 3 Wesentliche Erkenntnisse aus durchgeführten Flugprogrammen

Zur Erkundung der Untertage-tauglichkeit seriennaher UAVs wurde ein Testprogramm in mehreren Untertage-Bergwerken in Österreich durchgeführt. Dabei wurde sowohl in historischen Abbaubereichen als auch in modernen Bergbaubetrieben und Infrastruktureinrichtungen geflogen und Daten sowie regelmäßig Flugpraxis gesammelt. Die Auswertungen aus diesen Befliegungen lieferten sowohl räumliche Modelle der Untertagestrukturen als auch Bildinformation über den Zustand des jeweiligen Hohlraums bzw. auch über vorhandene Einbauten.

So wurden beispielsweise die Belüftungsbauwerke der Innenstadt-Parkgarage im Salzburger Mönchsberg mittels UAS\_Underground inspiziert und mittels sphärischer („360°“) Kamera entsprechendes Videomaterial über anders kaum erreichbare Schachtbereiche der dortigen Betreibergesellschaft zur Verfügung gestellt.

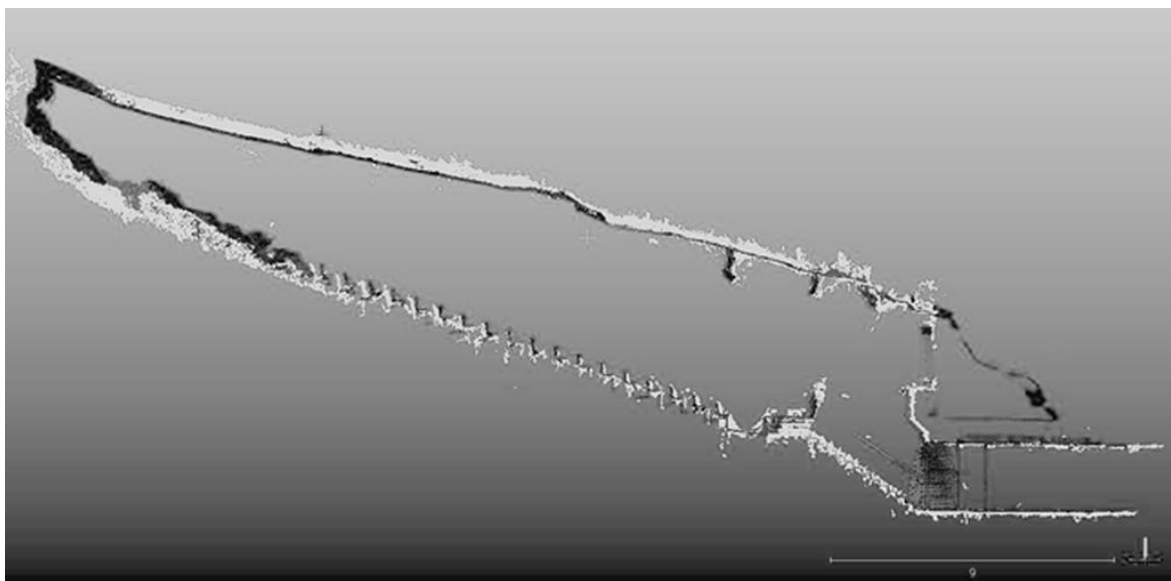


Abb. 2: Längsschnitt einer Kaverne aus Messungen mittels Photogrammetrie (weiß) und terrestrischem Laserscan (schwarz). Anmerkung: Die dargestellte Kaverne wird als Veranstaltungsort genutzt und ist daher mit Sitzreihen, Scheinwerfern und Bühne bestückt.

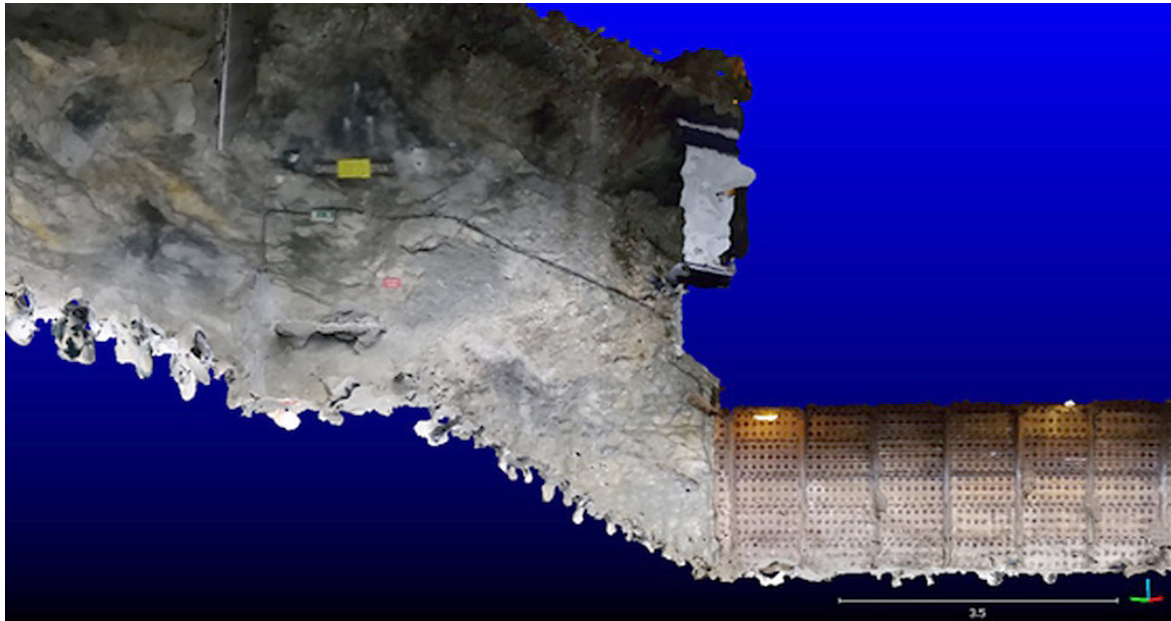


Abb. 3: Detail des Kavernenzugangs nach photogrammetrischer Auswertung im 3D-Modell

Erhaltene Daten aus Befliegungen zum Zwecke photogrammetrischer Modellierung wurden außerdem mit parallel durchgeführten Laserscans verglichen, um eine Abschätzung der erreichbaren Genauigkeiten zu erhalten, wobei die Differenzen im cm-Bereich lagen, diese jedoch bei komplizierteren Strukturen etwas zunahmten, sodass einige Bereiche bis etwa 0,5 m differierten. Der Längsschnitt durch eine Kaverne in Abb. 2 illustriert diese Messunterschiede.

Ein wesentlicher Vorteil der Photogrammetrie besteht in der fotomäßigen

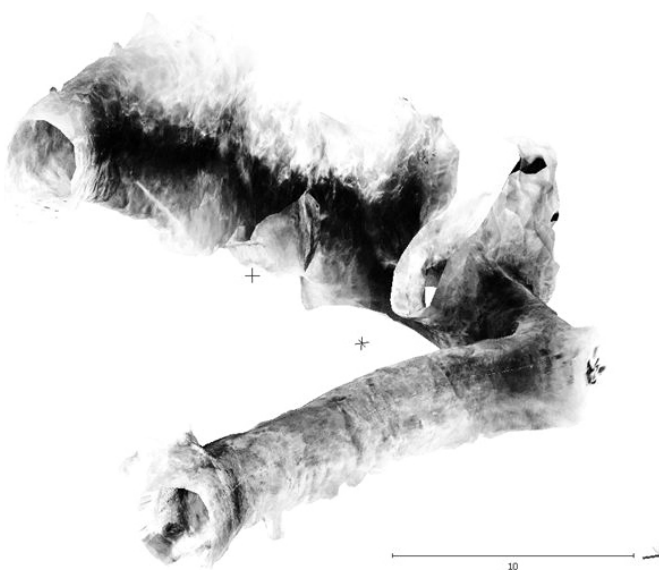


Abb. 4: Digitales Modell aus Befliegung eines unzugänglichen Abbaubereiches in einem historischen Bergwerk (Ausschnitt)

Darstellung der Oberfläche im Modell. Farben, Schattierungen und Textur der aufgenommenen Bereiche können sehr klar erkannt werden und geben einen guten Eindruck des Hohlraumzustandes wieder. Abb. 3 zeigt dies schön an einem gesicherten Zugangsbereich der befliegenen Kaverne.

Weitere Befliegungsszenarien betrafen historische Bergwerkshohlräume, in denen sowohl vertikale Schächte als auch unregelmäßige Abbaukavernen erkundet und photogrammetrisch modelliert wurden. Abb. 4 zeigt das Ergebnis einer solchen Mo-

dellierung in einem historischen sog. Stockwerksbau, welcher durch den händischen Abbau vertikaler Lagerstättenteile entstand. Solche photogrammetrisch modellierten Bereiche stehen nach Prozessierung und Bearbeitung zur Implementierung in vorhandene Bergbau-Visualisierungs-Systeme zur Verfügung; das jeweilige Importformat kann nach Erfordernis abgestimmt werden.

## 4 Zusammenfassung

Obwohl die Einsetzbarkeit von UAVs immer praktikabler wird und auch untertage einsetzbare Systeme am Markt verfügbar sind, ist die Verwendung in solch spezieller Umgebung für ungeübte oder nur zeitweise fliegende Piloten mit einem beträchtlichen Beschädigungs- oder Verlustrisiko der üblicherweise recht teuren UAVs behaftet. UAS\_Underground wurde daher als ein Service konzipiert, welcher von regelmäßig untertage fliegenden Experten durchgeführt wird. Die Befliegungen im Rahmen der Testeinsätze übertrafen hinsichtlich der Erkenntnisse und den erarbeiteten Einsatzfällen die Erwartungen. Sowohl bei Messflügen als auch bei Inspektionseinsätzen untertage konnten nach kurzer Zeit recht genaue räumliche Modelle ermittelt bzw. kritische Informationen aus unzugänglichen Bereichen erhalten werden.

Die im Rahmen der Befliegungsmissionen erarbeiteten Servicebereiche, welche durch UAS\_Underground abgedeckt werden können, sind derzeit:

- Erfassung und Kartierung von nicht zugänglichen Bereichen,
- Inspektion und Videodokumentation solcher Bereiche sowie
- Aufklärungstätigkeiten bei unvorhergesehenen Begebenheiten mit z. B. unklarer Gefahrensituation.

### Kontakt

Robert Delleske  
GEORESEARCH Forschungsgesellschaft mbH  
Wissenspark Salzburg-Urstein  
Urstein Süd 13, 5412 Puch bei Hallein, Österreich  
[robert.delleske@georesearch.ac.at](mailto:robert.delleske@georesearch.ac.at)

Dr. Andreas Oberrauner  
GEOCONSULT ZT GmbH  
Wissenspark Salzburg-Urstein  
Urstein Süd 13, 5412 Puch bei Hallein, Österreich  
[andreas.oberrauner@geoconsult.com](mailto:andreas.oberrauner@geoconsult.com)