

Vergleichende Analyse von UAV-Laserscanning, UAV-Bildauswertung und terrestrischem Laserscanning zur Vermessung und Modellierung von Felswänden

Diplomarbeit von Daniel Gurschler (2023)

Diese Diplomarbeit widmet sich einer eingehenden Untersuchung von drei verschiedenen Methoden zur Vermessung und Modellierung von Felswänden: UAV-Photogrammetrie, terrestrisches Laserscanning (TLS) und Unmanned Laserscanning (ULS). Das übergeordnete Ziel dieser Arbeit besteht darin, die Effizienz, Genauigkeit und Komplexität dieser Methoden zu evaluieren und ihre Anwendbarkeit für geotechnische und geomorphologische Untersuchungen zu bewerten.

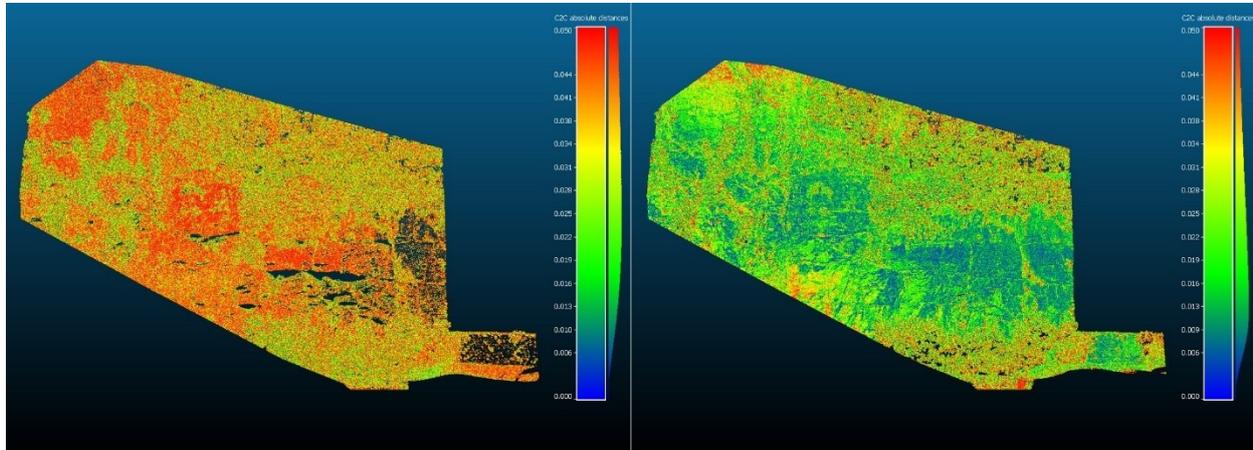
Die **UAV-Photogrammetrie** bezieht sich auf die Anwendung von unbemannten Luftfahrzeugen (UAVs), auch bekannt als Drohnen, für die flexible und kosteneffiziente Erfassung von photogrammetrischen Bilddaten von kleinen bis mittelgroßen Arealen. Diese UAVs sind mit Kamerasystemen ausgestattet, die während des Fluges zentralperspektivische Luftbildaufnahmen erzeugen. Durch die anschließende Auswertung mittels Structure-from-Motion (SfM) und Dense Image Matching (DIM) können dreidimensionale Modelle von Objekten und Gelände erstellt werden. Die Technologie bietet vielfältige Möglichkeiten zur Optimierung von Datenerfassungsprozessen in verschiedenen Branchen. Das **terrestrische Laserscanning** (TLS) ist eine hochpräzise Messmethode, bei der Millionen von 3D-Punkten durch die Messung von Horizontal- und Vertikalwinkeln sowie Abständen zu Objektpunkten aus der Scanposition eines Instruments generiert werden. Diese Methode ermöglicht die Erstellung von detaillierten dreidimensionalen Modellen mit Millimetergenauigkeit. Es gibt zwei Arten von TLS-Scannern: Camera-View-Scanner für begrenzte Sektoren und Panorama-Scanner für vollständige Rundum-Erfassungen. Das **Unmanned Laserscanning** (ULS) ist eine Variante des Laserscannings, bei der Drohnen als Plattformen für die Datenerfassung verwendet werden, im Gegensatz zum traditionellen Airborne Laserscanning (ALS) mit bemannten Flugzeugen oder Hubschraubern. ULS-Scanner sind kompakter und leichter, was sie besonders geeignet macht für punktgenaue Vermessungen in kleineren bis mittelgroßen Projekten

Das Untersuchungsobjekt, ein abschüssiges Gelände mit variierender Vegetation und komplexen Felsstrukturen, liegt im Raum Meran, Südtirol. In Zusammenarbeit mit dem Team von Cartorender wurden die Vermessungsarbeiten an einem Vormittag durchgeführt. Dabei kamen ein Riegl VZ2000i für das TLS und eine DJI Matrice 300 RTK mit den Sensoren DJI Zenmuse L1 und P1 für das ULS und die UAV-Photogrammetrie zum Einsatz. Die Auswertung erfolgte mithilfe von RiSan Pro für das TLS, DJI Terra für das ULS und Agisoft Metashape für die UAV-Photogrammetrie, durchgeführt von Cartorender. Die drei unverarbeiteten Punktwolken wurden anschließend in der Software CloudCompare weiterverarbeitet. Es folgte eine Registrierung zur Georeferenzierung und Segmentierung zur Bereinigung der Punktwolken. Diese Datenprozessierung ermöglichte eine effiziente Auswertung der erfassten Messdaten in Bezug auf die zwei Forschungsfragen dieser Arbeit.



Blick auf das untersuchte Felsmassiv

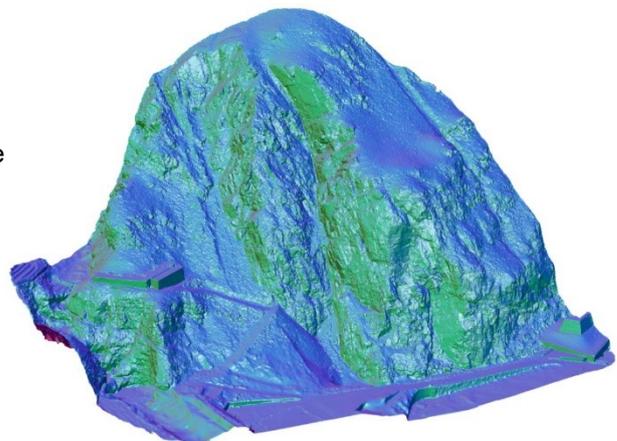
Die erste Forschungsfrage untersuchte Unterschiede zwischen den Punktwolken in visueller Darstellung, Vollständigkeit, 2D-Profilen, Genauigkeit und dem Umgang mit verschiedenen Oberflächen. Die zweite Frage betrachtet wirtschaftliche Effizienz unter Berücksichtigung von Aufwand, Kosten und Komplexität. Ziel war die Identifizierung der kosteneffektivsten Methode für zukünftige Geotechnik- und Geomorphologie-Untersuchungen. Dies erfolgte durch visuelle Vergleiche, C2C- und Punkt-zu-Punkt-Berechnungen in CloudCompare sowie umfassende Bewertungen von Zeitaufwand und Kosten der drei Verfahren.



Ergebnisse der C2C-Berechnungen zwischen der Punktwolken TLS und ULS (links) und der Punktwolken TLS und UAV-Photogrammetrie (rechts)

Die Untersuchungen zu beiden Forschungsfragen ergaben facettenreiche Ergebnisse. Der Riegl VZ-2000i erwies sich als äußerst leistungsfähig, ermöglichte präzise geometrische Erfassungen und lieferte eine beeindruckende Punktwolke mit über 700 Millionen Punkten. Trotz der beeindruckenden Genauigkeit stellen die hohen Anschaffungskosten potenzielle Alternativen für kostengünstigere TLS-Systeme in den Fokus. Der DJI Zenmuse L1-Scanner zeigte begrenzte Leistungsfähigkeit in der Qualität und Genauigkeit sowie einer guten Farbgebung in der Ergebnispunktwolke. Verbesserungen könnten durch bessere Georeferenzierung und leistungsstärkere Scanner erreicht werden. Das ULS-Verfahren zeichnete sich jedoch durch schnelle Datenerfassung und einen geringen Zeitaufwand in der Datenrekonstruktion aus. Die UAV-Photogrammetrie mit der DJI Zenmuse P1-Kamera erzielte herausragende Ergebnisse in vegetationsfreien Bereichen, zur Verbesserung empfehlen sich aber bessere Bildaufnahme und zusätzliche Passpunkte. Die Kosten für die P1-Kamera betonen ihren professionellen Charakter.

Eine vielversprechende zukünftige Studie könnte die Untersuchung einer herkömmlichen UAV-Drohne mit integrierter Kamera sein, um herauszufinden, inwiefern kostengünstigere Technologien erfolgreich in der geotechnischen und geomorphologischen Forschung eingesetzt werden könnten, ohne dabei Abstriche bei der Datengenauigkeit machen zu müssen.



Finales Mesh des untersuchten Felsmassivs ohne Vegetation für die weitere geologische Untersuchung