

(Semi-) automatische Registrierung grosser 3D-Punktwolken ohne künstliche Targets

Eine vollständige Erfassung eines Objektes mit Hilfe eines terrestrischen Laserscanners (TLS) ist in der Regel nur möglich, wenn das zu messende Objekt von mehreren Standpunkten aus aufgezeichnet wird. Nach der Datenerfassung liegen die Daten pro Standpunkt in einem lokalen Sensorkoordinatensystem vor. Die Überführung dieser autarken Koordinatensätze in ein einheitliches lokales Koordinatensystem wird als Registrierung bezeichnet. In dieser Master-Thesis werden (semi-) automatische Algorithmen in bestehenden Softwarepaketen untersucht, welche keine künstlichen Targets für die Registrierung von dreidimensionalen Punktwolken benötigen.

Registrierung von Punktwolken

Für die Registrierung von Scandaten werden dreidimensionale Koordinatentransformationen verwendet, welche die lokalen Koordinatensysteme der Einzelscans aufeinander abbilden (Abb. 1). Die benötigten Parameter können dabei mit Hilfe von unterschiedlichen Verfahren bestimmt werden, welche mittlerweile in diversen Softwarepaketen implementiert wurden.



Abb. 1: Registrierung von vier lokalen Scans zu einem Gesamtmodell

Die in der Praxis am häufigsten verwendete Methode, um Scandaten zu orientieren, stellt die Schätzung der Parameter anhand von künstlichen Zielmarken dar. Dieses Verfahren hat sich als robust und genau erwiesen, ist jedoch sehr zeitaufwändig. Hier kommen die Stärken der targetlosen Registrierung zum Tragen. Die (semi-) automatischen Ansätze haben zum Ziel, die Registrierung möglichst automatisch nur anhand der Informationen aus den Objektmesspunkten durchzuführen. Für die targetlose Orientierung von TLS-Aufnahmen haben sich vor allem **Iterative Closest Point (ICP)-basierte** und **ebenenbasierte Algorithmen** bewährt.

Untersuchungen

Mit der Auswertung diverser Testdatensätze in dieser Arbeit konnten die Stärken und Schwächen unterschiedlicher Verfahren der targetlosen Registrierung aufgezeigt werden. Für die Untersuchungen wurden die ICP-basierten Algorithmen der Software **3DReshaper** und **Cyclone** und der ebenenbasierte Algorithmus der Software **Scantra** erfolgreich eingesetzt.

Messauflösung	3DReshaper [mm]	Cyclone [mm]	Scantra [mm]
6.2 mm @ 10 m	0.9	0.7	0.2
24.8 mm @ 10 m	0.6	0.2	0.2
99.2 mm @ 10 m	1.1	0.3	0.4

Tab. 1: Empirische Genauigkeitswerte einer registrierten 3D-Koordinate aus der Auswertung mit diversen Datenaufösungen

Die Untersuchungen haben aufgezeigt, dass die verwendeten Algorithmen eine hohe Robustheit gegenüber variierenden Auflösungen und Rauschen in Daten aufweisen. In Tabelle 1 wird deutlich, welche hohen Registrierungsgenauigkeiten, auch bei tiefer Datenauflösung, möglich sind.

Autor: Thomas Arpagaus
Examinator: Prof. Dr. Reinhard Gottwald
Expertin: Dr. Bianca Gordon (Leica Geosystems)

Anwendungsbeispiel «Quellfassung von St. Moritz»

Um die Praxistauglichkeit der verwendeten Algorithmen für die Auswertung von komplexen Geometriedaten untersuchen zu können, wurden ausgewählte Dokumentationsscans der historischen Quellfassung von St. Moritz targetlos ausgewertet. Dabei wurden die Einzelscans der «Röhre 1» hochgenau zu einem Gesamtmodell orientiert und konnten anschliessend lagegetreu an ihrer originalen Position innerhalb der Quellfassung rekonstruiert werden (Abb. 2).

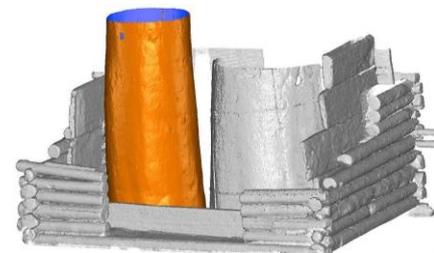


Abb. 2: Registrierung und Rekonstruktion der «Röhre 1» (orange)

Anwendungsbeispiel «Staumauer Lago di Luzzone»

Die Auswertung der Messdaten der Staumauer Lago di Luzzone sollte Aufschluss darüber geben, inwieweit sich targetlose Registrierungsansätze für Deformationsanalysen von staumauerähnlichen Objekten eignen. Die Orientierung der laserscanningbasierten Rohdaten scheiterte jedoch mit jedem verwendeten Algorithmus.

Aufgrund der kaum vorhandenen räumlichen Strukturen der Staumauer konnte der Freiheitsgrad der Translation in z-Richtung nicht zuverlässig bestimmt werden. Aus der targetlosen Auswertung in 3DReshaper resultierte bspw. ein Höhenversatz von 60 cm (Abb. 3).

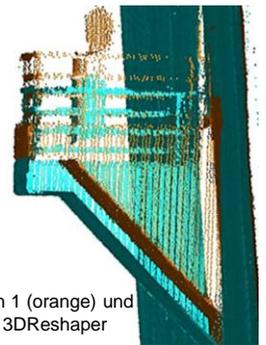


Abb. 3: Sichtbare Abweichung zwischen Scan 1 (orange) und Scan 2 (cyan) aus der Auswertung in 3DReshaper

Fazit

Die (semi-) automatische Registrierung ohne künstliche Zielmarken stellt eine sehr interessante Alternative zu der targetbasierten Registrierung dar. Die Untersuchungen dieser Arbeit haben aufgezeigt, dass anhand der Algorithmen hohe Genauigkeiten innert kurzer Zeit realisiert werden können. Dabei weisen die Ansätze in der Regel eine hohe Robustheit gegenüber variierenden Auflösungen und Rauschen in den Daten auf. Die wichtigste Voraussetzung für eine erfolgreiche targetlose Registrierung ist, dass die Geometrieigenschaften der zu orientierenden Datensätze eine zuverlässige Schätzung aller Parameter der Transformation zulassen.