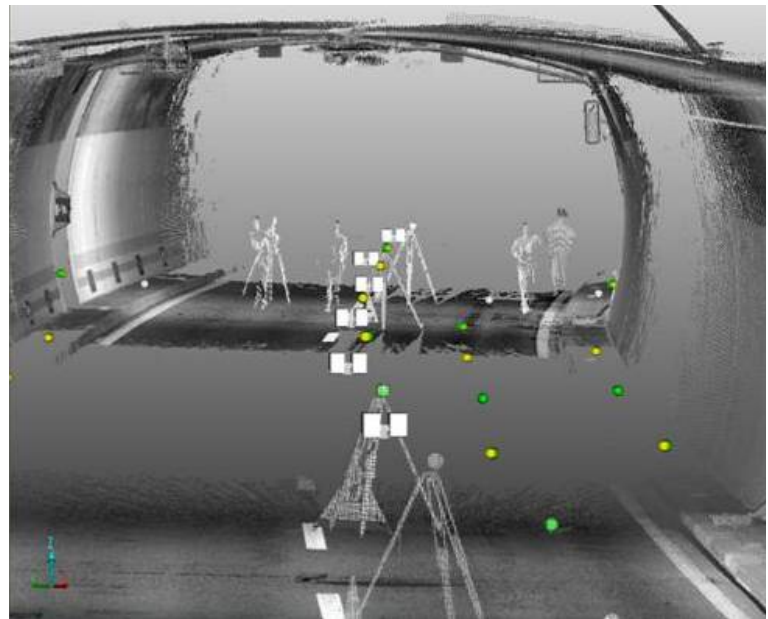


## Bachelor-Thesis 2009

# Deformations- analysen mit TLS



**Autoren:** Marco Brodbeck  
Peter Imfeld

**Examinator:** Prof. Dr. Reinhard Gottwald

**Experte:** Dipl. Ing. Michael Furrer

# Deformationsanalysen mit TLS

**Terrestrische Laserscanner (TLS) haben sich in den letzten Jahren als reflektorlose Messsysteme zur dreidimensionalen Punkterfassung etabliert. Der Industriepartner Basler & Hofmann AG möchte das Messsystem in Zukunft für Deformationsmessungen in Tunneln einsetzen. Ziel dieser Bachelor-Thesis ist es, die erreichbaren Genauigkeiten statistisch gesichert nachzuweisen und einen effizienten Workflow zu erarbeiten.**

**Schlagworte:** Tunnel, Deformationen, Terrestrisches Laserscanning, Deformationsanalyse, Genauigkeitsuntersuchungen, Faro Photon, Darstellungen von Deformationen mit TLS-Daten

## 1. Aufgabenstellung

Der Einsatz von TLS für Deformationsanalysen stellt besondere Anforderungen an die Sensorik und Auswertetechnik. Es sind verschiedenste Einflüsse, die sich auf die Messresultate auswirken. Die Aufgabe besteht darin, diese Einflüsse an praktischen Messungen zu bestimmen. Um signifikante Deformationen nachzuweisen, wurden die Einzelpunktgenauigkeit, Modellierungsgenauigkeit und die Genauigkeit der Registrierungen beziehungsweise Georeferenzierung von Scans untersucht.

## 2. Verwendetes Instrumentarium und Software

Der Laserscanner FARO® Photon 120 stand für die Erfassung der Daten zur Verfügung. Die Registrierung und Georeferenzierung erfolgten mit der Software FARO® - Scene. Die Modellierungen und 3D-Analysen der Punktwolken wurden mit Geomagic® Studio/Qualify ausgewertet.

## 3. Workflow

Um eine Deformationsanalyse durchzuführen, werden die einzelnen Scans der Null- und Folgemessung über Zielmarken paarweise registriert. Durch die Registrierung erhalten die beiden Scans das gleiche Bezugssystem. Für eine sinnvolle Weiterverarbeitung werden die Punktwolken reduziert, gefiltert und geglättet. Ein Vergleich zweier Punktwolken setzt die Modellierung der Nullmessung voraus. Die einfachste Modellierung kann mit einer Dreiecksvermaschung vorgenommen werden. Die Punktwolke der Folgemessung wird mit dem Modell der Nullmessung verglichen. Die Differenzen können farblich abgestuft und visuell beurteilt werden.

## 4. Deformationen aus überlappenden Scans

Die einfachste Messanordnung für Deformationsanalysen sind zwei sich komplett überlappende Scans mit räumlich verteilten Passpunkten. Eine signifikant detektierbare Deformation (Abb. 1 & 2) kann a posteriori berechnet werden. Dabei stellt sich die Registrierungs-genauigkeit als grösster Einfluss heraus, je nach Betrag können Deformationen von 3 bis 5mm signifikant (S=95%) erkannt werden.



Abb 1 Konstruktion zur Simulation einer Deformation

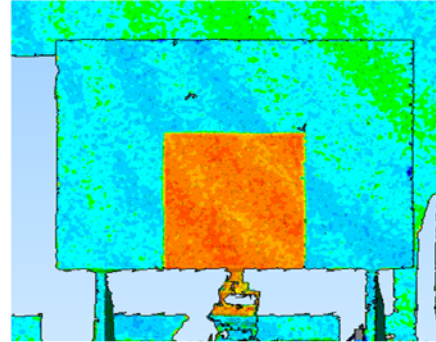


Abb 2 Resultate der detektierten Deformation von Abbildung 1

## 5. Verkettete Scans

Im Tunnel werden Scans zur Überbrückung von Distanzen zwischen den Fixpunkten verkettet (Abb. 3). Für die absolute Berechnung einer signifikant detektierbaren Deformation kommen zusätzliche Unsicherheiten dazu. Durch die Geometrie des Tunnels ist man bei der Anordnung der Verknüpfungspunkte der Scans eingeschränkt. Durch die Unzulänglichkeiten der verketteten Transformation können keine Genauigkeiten abgeleitet werden. Empirische Untersuchungen an einer Tunneletappe von 80m ergaben zu grosse Abweichungen um daraus Deformationen zu detektieren.

## 6. Fazit

Grundsätzlich ist der TLS für Deformationsmessungen geeignet. Für die Anwendung im Tunnel empfiehlt sich die Unterteilung in vollständig überlappende Scans um statistisch gesicherte Resultate zu erhalten. Es muss darauf geachtet werden, dass die Passpunkte das Messvolumen räumlich umschliessen und nicht extrapoliert wird. Durch relative Messungen können Ungenauigkeiten der Georeferenzierung vermieden werden.

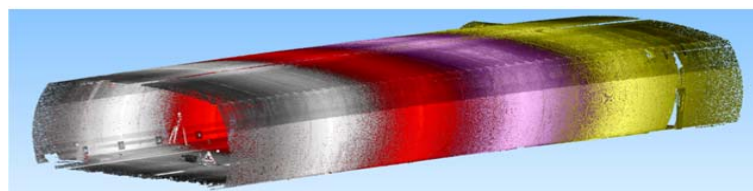


Abb 3 Verkettete Scans des Gubristtunnels

## 7. Kontaktpersonen

Autor:	Marco Brodbeck	marco.brodbeck@gmx.ch
	Peter Imfeld	pimfeld@bluewin.ch
Examinator:	Prof. Dr. Reinhard Gottwald	reinhard.gottwald@fhnw.ch
Experte:	Dipl. Ing. Michael Furrer	michael.furrer@bhz.ch