3D-Objekterfassung von industriellen Großstrukturen - Eine besondere Herausforderung

Vortrag: Fachtagung 2023 DVW Sachsen-Anhalt e.V. Hochschule Anhalt, Jens Hartmann 05.05.2023

Jens Hartmann



[Lürssen 2023]



[Hartmann et al. 2021]

- Industrielle Großstrukturen mit Länge > 100 m Beispiel Megayacht
 - Erfassung durch statisches terrestrisches Laserscanning (Schiffsdeck mit bis zu 50 Standpunkten)



- Industrielle Großstrukturen mit Länge >100 *m* Beispiel Megayacht
 - Erfassung durch kinematisches terrestrisches Laserscanning







Agenda

- Kinematisches terrestrisches Laserscanning (k-TLS)
- Georeferenzierung der mobilen Plattform
- Unsicherheitsmodellierung der k-TLS Daten
- Fazit und Ausblick

K-TLS – Messprinzip und Funktionsweise

- Aufnahme im 2D-Modus, Profillinie als Helix
- Plattform-Georef. \rightarrow 6 DoF-Messung Lasertracker/T-Probe
- Anforderungen Plattform (Stabilität, Vielseitigkeit und Dämpfung)
- Synchronisierung Hardware-basiert (Triggersignal)
- Systemkalibrierung (Laserscanner/T-Probe)
 - Referenzgeometrie-Ansatz [Strübing und Neumann 2013]





K-TLS – Messsystem und Messumgebung

- k-TLS basierte Messung mit Z+F IMAGER 5010:
 - 1023 Profile mit 50 rps \rightarrow Dauer ca. 20 sec.
 - Lasermessrate 1016 kHz und 20.000 Punkte/Profil
- Referenzdatensatz Leica AT901 und T-Scan
 - $U_P = 80 \ \mu m + 3 \frac{\mu m}{m} \ (2\sigma)$ [Hexagon 2015]
- Punktwolkenvergleich:
 - Differenzen M3C2-Algorithmus nach [Lague 2013]
- Verwendung einfacher Seilschlitten
- Georeferenzierung Leica AT960-LR und T-Probe
 - $\dot{t} \leq 1 m/s$ und $\dot{r} \leq 6 gon/s$



Georeferenzierung – Prinzip der 6 DoF-Messung

- Bewegte mobile Plattform, Laserscanner im Profilmodus → Georeferenzierung
- Prinzip der 6 DoF-Messung mit Lasertracker (Leica AT960) und T-Probe



Georeferenzierung - ohne Bewegungsmodell



Georeferenzierung - ohne Bewegungsmodell



Georeferenzierung – mit Bewegungsmodell



Georeferenzierung – mit Bewegungsmodell



Georeferenzierung – mit Bewegungsmodell



Rückwärtsmodellierung - Vorwärtsmodellierung





Gesamtunsicherheit k-TLS



Unsicherheitsmodellierung – Überblick Einzelunsicherheiten



Unsicherheitsmodellierung – 3D-Gesamtunsicherheit k-TLS

- Modellierung der Gesamtunsicherheit via Monte-Carlo-Simulation mit 100.000 Stichproben
- Farbcodierte Darstellung der 3D-Gesamtunsicherheit (k-TLS)
 - $\sigma_{3D} < 1 mm$
- Einfluss der Rotationen dominiert
 - Distanzabhängigkeit
 - Links/unten ca. 4 m
 - Rechts/oben ca. 7 m



Unsicherheitsmodellierung – Objekterfassung TLS

- Systematiken an den Kanten (Bullaugen und Scheuerleiste)
 - Effekt resultiert aus Distanzmessung (TLS)





Objekterfassung – TLS (nur Distanz)

Unsicherheitsmodellierung – Rückwärtsmodellierung



Zusammenfassung

- Fertigung von industriellen Großstrukturen
 - Hohe Effizienz? \rightarrow k-TLS-basiertes Multi-Sensor-System \checkmark
 - Qualitätssicherung? \rightarrow 3D-Objekterfassung $\sigma_{3D} \leq 1 mm$



- Für die Punktweise Georeferenzierung ist ein entsprechendes Bewegungsmodell zu verwenden.
 - → grundlegende Vorgehensweise (Genauigkeiten)
- Die Unsicherheitsmodellierung der k-TLS Daten liefert plausible Ergebnisse.
 - → Entscheidungshilfe zur Qualitätsbewertung
- Durchgeführte Systemkalibrierung mit Referenzebenen hat sich bewährt.
 - \rightarrow Präzision, Effizienz

Ausblick

Georeferenzierung

- Adaption Bewegungsmodell (Pendelbewegung)
- Unsicherheitsmodellierung
 - Betrachtung systematischer Effekte (Kanten)
- Plattformdesign
- Systemkalibrierung





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Hochgenaue 3D-Objekterfassung durch kinematisches terrestrisches Laserscanning

Literatur

Ehm, M. und Hesse, C. (2012): Entwicklung eines kinematischen Laserscansystems für Anwendungen im Schiffbau, in Go-3D 2012 Computergraphik für die Praxis, Rostock, S. 31–36.

Hartmann J., Bachmann A., Urban B., Hesse C., Gierschner F., Neumann I. (2021): Hochgenaues kinematisches Laserscanning als Beitrag für die Qualitätssicherung in der industriellen Produktion. AVN Allgemeine Vermessungs-Nachrichten. 2021;128(4): S. 182-190.

Hesse, C. (2007): Ein Beitrag zur hochauflösenden kinematischen Objekterfassung mit terrestrischen Laserscannern: Zugl.: Hannover, Univ., Diss., Nr. 268, 2008. München : Deutsche Geodätische Kommission (DGK), 2007 (Dissertation, Reihe C, Nr. 608). – ISBN 3 7696 5047 6

Hexagon (2015) Leica T-Scan 5, Produktinformationen, Hexagon, <u>https://hexagon.com/de/products/leica-t-scan-5</u>, letzter Zugriff 28.02.2023

Hexagon (2017) Leica Absolute Tracker AT960, Produktinformationen, Hexagon, https://hexagon.com/de/products/leica-absolute-tracker-at960, letzter Zugriff 28.02.2023

JCGM (2008): GUM - Evaluation of measurement data — Supplement 1 to the "Guide to the expression of uncertainty in measurement" - Propagation of distributions using a Monte Carlo method, JCGM 101:2008, <u>https://www.bipm.org/documents/20126/2071204/JCGM_101_2008_E.pdf/325dcaad-c15a-407c-1105-8b7f322d651c</u>, letzter Zugriff: 28.02.2023

Lague, D.; Brodu, N.; Leroux, J. (2013): Accurate 3D comparison of complex topog-raphy with terrestrial laser scanner. Application to the Rangitikei canyon (N-Z). ISPRS J. Photogramm. Remote Sens. 2013, 82, S. 10–26.

Lürssen (2023): https://www.lurssen.com/de/new-build/yachts/azzam/, letzter Zugriff: 25.02.2023

Strübing T., Neumann I. (2013): Positions- und Orientierungsschätzung von LIDAR-Sensoren auf Multisensorplattformen. zfv - Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement. 2013; 138(3): S. 210-221.

Wujanz, D. ; Burger, M. ; Mettenleiter, M. ; Neitzel, F. ; Tschirschwitz, F. ; Kersten, T.: (2017) Ein intensitätsbasiertes stochastisches Modell für terrestrische Laserscanner – Erste Untersuchungen der Z+F IMAGER 5006h und 5010. In: Luhmann, T. (Hrsg.) ; Schumacher, C. (Hrsg.): Photogrammetrie, Laserscanning, optische 3D-Messtechnik. Berlin : Wichmann, 2017, S. 16–26. – ISBN 978-3-8790-7625-3

Zoller + Fröhlich (2017): Z+F IMAGER 5010 Produktinformationen, <u>https://www.zofre.de/laserscanner/3d-laserscanner/z-f-imagerr-5010</u>, (letzter Zugriff: 28.02.2023)

Jens Hartmann, 3D-Objekterfassung von industriellen Großstrukturen - Eine besondere Herausforderung, 05.05.2023