Zeitschrift: Geomatik Schweiz : Geoinformation und Landmanagement = Géomatique Suisse : géoinformation et gestion du territoire = Geomatica Svizzera : geoinformazione e gestione del territorio

Herausgeber: geosuisse : Schweizerischer Verband für Geomatik und Landmanagement

Band: 114 (2016)

Heft: 9

Artikel: Integration von statischen luft- und fahrzeuggestützten LiDAR-Aufnahmen zur hochgenauen Kartierung von Infrastrukturobjekten

Autor: Ulrich, David

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-630651

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Integration von statischen, luft- und fahrzeuggestützten LiDAR-Aufnahmen zur hochgenauen Kartierung von Infrastrukturobjekten

3D-Punktwolken, erfasst von verschiedenen Trägern (boden-, luft- und wassergestützt), sind längst zu einem zuverlässigen und effizienten Werkzeug in der Geoinformationsbranche geworden. Am Beispiel von Strasseninfrastruktur-Vermessungsprojekten zuhanden des Bundesamtes für Strassen ASTRA wird gezeigt, wie verschiedene LiDAR-Aufnahmemethoden und Technologien kombiniert und deren Vorteile gezielt ausgenutzt werden können, um daraus hochgenaue und umfassende Grundlagedaten abzuleiten.

Les nuages de points 3D, captés par différents porteurs (sol air,eau), sont devenus depuis belle lurette des outils fiables et efficients de la branche de la géoinformation. A l'aide de projets de mensuration pour des infrastructures routières en faveur de l'office fédérale des routes OFROU il est démontré comment diverses méthodes de levé LiDAR et technologies sont combinées et leurs avantages mis à profit de façon ciblée permettant ainsi d'en extraire des données de base globales et de très haute précision.

Le nuvole di punti 3D, rilevate da vari supporti (a terra, in volo e in acqua) sono da tempo diventate uno strumento affidabile ed efficace nel settore della geoinformazione. Partendo dall'esempio di progetti di misurazione dell'infrastruttura stradale dell'Ufficio federale delle strade USTRA si mostra come la combinazione di diverse tecnologie e diversi metodi di rilevamento LiDAR e i loro vantaggi sono utilizzabili in modo mirato per la derivazione di dati di base altamente precisi e completi.

D. Ulrich

Punktwolken, die aus kinematischem und statischem LiDAR gewonnen werden, sind heute eine gängige Währung in den Datensätzen von Ingenieuren und Planern, und dies in jedem Massstab; von der Gebäudefassade bis hin zur gesamten Landesfläche.

Luftgestütztes Laserscanning wird generell zur Erfassung grosser Flächen verwendet, während sich das mobile und statische terrestrische Scanning bei linearen Objekten im Nahbereich profiliert. Zahlreiche LiDAR-Systeme mit ihren Vor- und Nachteilen sind auf dem Markt verfügbar, doch rar die Nutzer, die die verschiedenen Techniken kombinieren, um das jeweilige Potenzial voll auszuschöpfen. Der Artikel zeigt, wie die Helimap System AG im Kontext von Strasseninfrastrukturprojekten des ASTRA die verschiedenen Techniken optimal kombiniert.

Hohe Anforderungen an die Vermessung

Vermessungsprojekte des ASTRA im Rahmen der Unterhaltsplanung und Engpassbeseitigung auf Nationalstrassen unterliegen herausfordernden Rahmenbedingungen: Grosse Ausdehnung, hohes Verkehrsaufkommen (dessen Störung es zu minimieren gilt), komplexe Topografie und Tunnels (limitierte GNSS-Visibilität), abzudeckender Bereich über die Fahrbahn hinaus (Infrastruktur, Einzugsgebiet der Autobahn), hohe absolute Genauigkeit (2 cm in Z, 3 cm in XY). Eine Messmethode, die all diesen Anforderungen gerecht wird, gibt es nicht. Es ist daher angebracht, verschiedene Techniken zu kombinieren.

Das Beste aus jeder Perspektive

In der Tat kommt jede Messtechnik mit ihren Vor- und Nachteilen daher. Das terrestrische LiDAR ist anfällig auf Abschattung des GNSS-Signals und die erfasste Fläche ist eingeschränkt auf die Fahrbahn und deren direkte Umgebung (5–10 m), hingegen ist die Informationsdichte und der Detaillierungsgrad der erhobenen Punktwolke sehr hoch (ca. 1200 pt/m²). Demgegenüber ist bei luftgestützter Erfassung die GNSS-Referenzierung weniger problematisch und es wird eine grössere Fläche abgedeckt (100–150 m bei einer Flughöhe von 120 m), auf Kosten einer reduzierten Informationsdichte (ca. 200 pt/m²). Ein gewichtiger Vorteil der kinematischen Datenerhebung gegenüber von traditionellen Methoden ist, dass sich diese ohne Sperrung der Strasse und quasi ohne Beeinträchtigung des Verkehrsflusses ausführen lässt.

Für die Aufnahme von Strassenabschnitten ohne Überdeckung bietet sich die luftgestützte Erfassung an, u.a. mit dem Vorteil, dass sie weniger der GNSS-Sichtbarkeitsproblematik unterliegt, ein Aspekt, der sich beim Fahrzeug in städtischen Gebieten und auf alpinen Strassen als einschränkend erweisen kann. Die Daten aus der Luft werden auf Kontrollpunkten gelagert, die alle 300 bis 400 m angelegt werden, wenn möglich ausserhalb des Fahrbahnbereiches, um den Verkehrsfluss möglichst nicht zu stören. Diese Punkte werden mittels traditioneller Methoden erfasst (GNSS RTK/statisch oder Totalstation) und müssen eine höhere Genauigkeit als die LiDAR-Daten aufweisen. Die so gelagerten luftgestütz-

ten Daten dienen in der Folge als Referenz für die Lagerung der auf gezielten Abschnitten erfassten Fahrzeug-Messdaten. Letztere erlauben, lokal fehlende Information unter Unterführungen und Brücken sowie in kurzen Tunnels zu ergänzen. Zusätzliche Daten können bei Bedarf mit statischem Scanning oder traditionellen Methoden dazugewonnen werden. Daraus entsteht ein umfassender und detaillierter Datensatz als Basis für die Ableitung verschiedenster Produkte (komplettes 3D-Modell auf einer Breite von 100 bis 150 m Breite mit Schwerpunkt Fahrbahn, Profile, Meshs v. Brücken/Tunnels u. v. m, siehe Abbildungen 1 bis 3).

Die LiDAR-Daten werden kombiniert mit hochauflösenden Luftaufnahmen, aus welchen Orthofotos berechnet werden, die wiederum eine bessere Interpretation des kartierten Objektes sowie die Hervorhebung von Details wie Schächten oder Rissen ermöglicht.

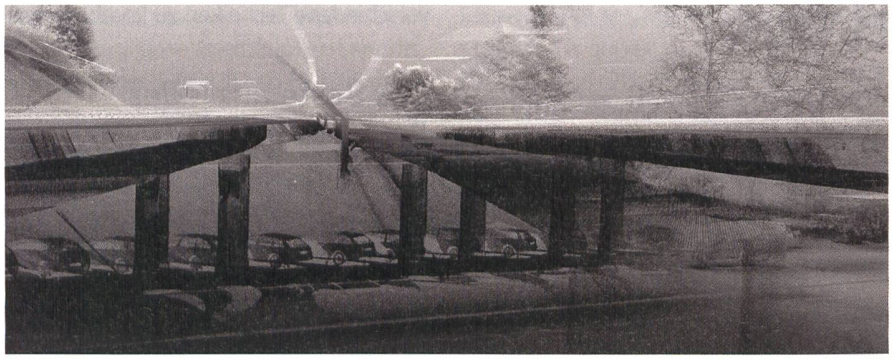

Abb. 1: Kombinierte Punktwolke im Bereich einer Autobahnbrücke, erfasst im Rahmen des Engpass-Projektes N01/48 Winterthur-Töss–Winterthur Ost, 6-Spurausbau.

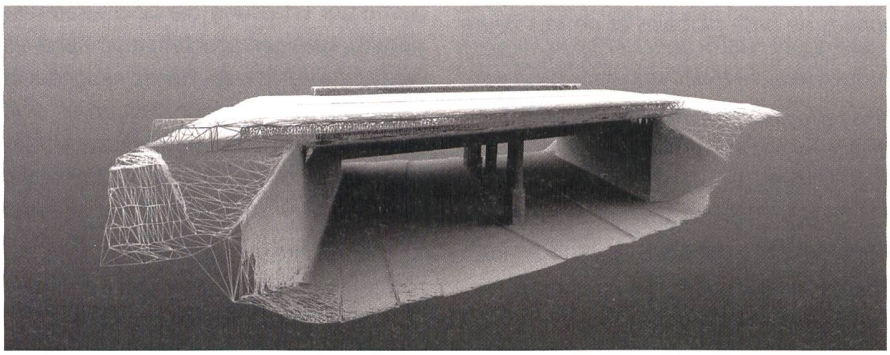

Abb. 2: 3D-Mesh einer Autobahnbrücke aus kombinierter Punktwolke (ALS/MLS) mit Berücksichtigung der Bruchkanten (EP N01/48 W'thur-Töss–W'thur Ost, 6-Spurausbau).

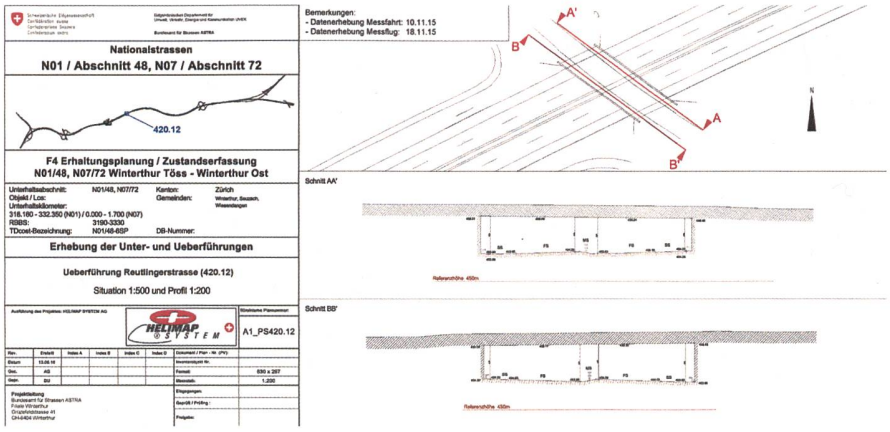

Abb. 3: Profilschnitte einer Autobahnbrücke aus kombinierter Punktwolke (ALS/MLS) (EP N01/48 W'thur-Töss–W'thur Ost, 6-Spurausbau).

Spezialfall längere Tunnels

Die LiDAR-Datenerfassung in überdeckten Bereichen (Tunnels und Galerien) ist problematischer aufgrund des fehlenden GNSS-Signals während eines längeren Zeitabschnittes; die Inertialmesseinheit unterliegt einem Drift, und ohne externe Korrektur nimmt die Genauigkeit mit der Zeit ab. Eine gängige Technik in diesem Fall ist die Platzierung von Fixpunkten (zwei Punkte mindestens alle 50 m), um ein Deformationsmodell der Punktwolke abzuleiten und diese entsprechend zu korrigieren (a posteriori-Einpassung). Diese Technik setzt allerdings zahlreiche Kontrollpunkte voraus, eine kostspielige und oft heikle Angelegenheit, da eine Sperrung oder Umleitung vorausgesetzt wird, abgesehen vom erschwerten Zugang. Ein weiterer Nachteil ist die fehlende Berücksichtigung des nicht-linearen Verhaltens von Positionsfehlern in Trajektorien aus IMU-Daten.

Davon ausgehend, dass eine Korrektur auf Stufe Trajektorienberechnung vorzuziehen ist (a priori-Einpassung), hat die Helimap System AG einen entsprechenden Einpassungs-Algorithmus entwickelt, ebenfalls mit Kontrollpunkten, aber weniger dicht angelegt (ein Punkt alle 300 bis 400 m). Voraussetzung dafür ist eine geeignete Intertialmesseinheit (Navigation Grade) mit einer geringen Winkelabweichung (<0.01 °/h). Die entwickelte Methode funktioniert wie folgt:

- Berechnung der Trajektorie ohne externe Lagerung im Tunnel
- Generierung der Punktwolke auf Basis der initialen Trajektorie
- Identifikation der Fixpunkte in der Punktwolke (dies sind in der Regel ge-

malte Rechtecke oder Kreisflächen 20 bis 30 cm, identifizierbar via Intensität des LiDAR-Signals) und Berechnung des Verschiebungsvektors zwischen LiDAR-Koordinaten und denjenigen des Kontrollpunktes
- Identifikation des Zeitstempels des LiDAR-Punktes, der am nächsten beim Zentrum des Kontrollpunktes liegt (die GPS-Zeit dient als Bezug sämtlicher Messungen; LiDAR, Inertialmesseinheit, Kamera etc.)
- Erhalt eines Korrekturvektors der Position zu einer gegebenen GPS-Zeit
- Anwendung der Korrektur direkt an der Trajektorie zum entsprechenden Zeitpunkt
- Zweite Berechnung der Trajektorie mit den Positionskorrekturen als externe Positionsupdates
- Berechnung der endgültigen Punktwolke auf Basis dieser zweiten Trajektorie

In (1) konnte an einem ca. 5 km langen Tunnel gezeigt werden, dass damit die Anzahl der benötigten Kontrollpunkte im Vergleich zur traditionellen Einpassungsmethode a posteriori um einen Faktor 5 bis 10 reduziert werden kann (ca. 1 Punkt/30 Sekunden bzw. alle 400 m), bei Gewährleistung einer absoluten Genauigkeit der Punktwolke von unter 5 cm in der Lage bzw. 3 cm in der Höhe.

Schlussfolgerungen

Die Kombination der verschiedenen LiDAR-Methoden ermöglicht, den hohen Anforderungen an die Vermessung von Erneuerungsprojekten auf effiziente Art gerecht zu werden. Selbst Abschnitte mit ungenügender oder gar ohne GNSS-Abdeckung können mit geeigneten Ansätzen elegant überbrückt werden.

Da LiDAR-Punktwolken extrem reich an Information sind und im Gegensatz zu traditionellen Methoden eine lückenlose Abdeckung der Objekte gegeben ist, ist es möglich, die ursprüngliche Informationsdichte zu reduzieren (z. B. durch Ausdünnung), um sich an fachspezifische Anwendungen anzupassen, dies mit dem Vorteil, jederzeit auf die ursprüngliche Detaillierung zurückgreifen zu können.

Es ist vorstellbar, dass in naher Zukunft Softwarepakete im Bereich des Ingenieurswesens zunehmend im Stande sind, native LiDAR-Punktwolken direkt zu benutzen und somit den ganzen verfügbaren Informationsreichtum direkt ausschöpfen können.

Literatur

(1) Schaer, P., Vallet, J., 2016. Trajectory Adjustment of Mobile Laser Scan Data in GPS Denied Environments. Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XL-3/W4, 61–64, doi:10.5194/isprs-archives-XL-3-W4-61-2016.

(2) Vallet, J., Schaer, P., 2016. Cartographie de Haute Précision des Infrastructures Routières par LiDAR Cinématique. Tracés 03/2016, 12–15, espazium Verlag, Zürich.

David Ulrich
Helimap System AG
Le Grand-Chemin 73
CH-1066 Epalinges