

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: 109 (2011)

Heft: 6: 150 Jahre Schweizerische Geodätische Kommission

Artikel: Stereobild-basiertes Mobile Mapping : Technologie und Anwendungen

Autor: Burkhard, J. / Nebiker, Stephan / Eugster, H.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-236799>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 01.04.2025

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

Stereobild-basiertes Mobile Mapping: Technologie und Anwendungen

Mobile fahrzeuggestützte Messsysteme (Mobile Mapping Systeme) ermöglichen heute eine effiziente dreidimensionale Digitalisierung des Fahrbahnraumes. Die Kombination modernster Navigationssensorik mit Digitalkameras oder Laserscannern erlaubt die Kartierung von Geoobjekten in einem Genauigkeitsbereich von wenigen Zentimetern. Der hier vorgestellte Einsatz eines Stereokamerasystems ermöglicht die Generierung einer digitalen Datenbasis in der Form georeferenzierter 3D-Videos, welche einen genauen dreidimensionalen Einblick in den Strassenraum ermöglichen. So können mit Hilfe eines Mono- oder Stereoviewers Infrastrukturanlagen oder die Strassenmöblierung kartiert sowie bestehende Geodaten überlagert und nachgeführt werden. Zudem erlauben neue Ansätze aus der digitalen Bildverarbeitung die automatische Ableitung dichter 3D-Punktwolken sowie die automatische Kartierung von Objekten wie Verkehrssignalen.

Les systèmes de mesure mobiles et automoteurs permettent aujourd'hui une digitalisation tridimensionnelle efficace de l'espace circulaire. La combinaison de sensorique de navigation de dernière génération avec des caméras numériques ou des scanners laser permet la mise sur carte d'objets spatiaux dans une marge de précision de quelques centimètres. L'utilisation d'un système de caméras stéréos présentée ci-après permet de générer une base de données numériques sous forme de vidéos 3D géoréférencées permettant un aperçu tridimensionnel précis de l'aire de circulation. De la sorte, à l'aide de lunettes mono ou stéréo on peut cartographier les installations d'infrastructures ou l'équipement des routes ainsi que superposer et actualiser des géodonnées existantes. En outre, de nouveaux procédés provenant de la gestion numérisée d'images permettent l'intégration de semis de points 3D denses ainsi que la cartographie d'objets tels que signaux de circulation.

I sistemi di misurazione mobile mapping consentono oggi un'efficace digitalizzazione tridimensionale del campo stradale. La combinazione della più moderna sensorica di navigazione con camere digitali o scanner a laser consente di mappare gli oggetti geografici con una precisione dell'ordine del centimetro. L'impiego, presentato qui di seguito, di un sistema di camera stereo permette di generare una base dati digitale sotto forma di video 3D georeferenziati che offrono una prospettiva tridimensionale dello spazio stradale. Con l'ausilio di infrastrutture viewer mono o stereo si arriva a mettere su carta le infrastrutture o le strade e a sovrapporre i geodati esistenti e aggiornati. In aggiunta, questi nuovi approcci di elaborazione digitale delle immagini consentono la derivazione automatica di dense nuvole di punti 3D, come pure la mappatura di oggetti come i semafori.

J. Burkhard, St. Nebiker, H. Eugster

Einleitung und Motivation

Die öffentliche Infrastruktur im Strassenraum hat eine enorme volkswirtschaftliche Bedeutung, weshalb deren Inventari-

sierung und Nachführung zu einem wichtigen Thema geworden ist. Die bisherige konventionelle Vermessung im Feld mittels GPS oder Tachymetrie ist in vielen Fällen zu aufwändig oder zu gefährlich, womit eine mobile Datenerfassung ins Zentrum des Interesses gerückt ist. Voraus-

setzung für eine mobile Datenerfassung mit einer vergleichbaren Genauigkeit sind technologische Fortschritte in mehreren Bereichen: einerseits in der hochgenauen dynamischen Positions- und Orientierungsbestimmung mittels globaler Navigationssatellitensysteme (GNSS) und Inertialnavigationssysteme (INS), andererseits in der effizienten Umgebungsdatenerfassung mit Digitalkameras und Laserscannern.

In diesem Beitrag stehen bildbasierte Mobile Mapping Systeme im Vordergrund. Grundsätzlich können folgende Aufnahmesensorkonfigurationen unterschieden werden: Kombination von divergent ausgerichteten Monokameras, Einzel- oder Multi-Stereokonfigurationen und Panoramakameras. Nachfolgend wird ein kurzer Einblick in das am Institut Vermessung und Geoinformation (IVGI) entwickelte Mobile Mapping System mit den dazugehörigen Komponenten für die Datenaufbereitung und Nutzung gegeben. Im zweiten Teil wird auf das Genauigkeitspotenzial dieser Technologie eingegangen, bevor einige Anwendungsmöglichkeiten aufgezeigt werden.

Stereovision-basiertes Mobile Mapping System des IVGI

Das IVGI hat vor knapp zwei Jahren damit begonnen, ein eigenes Mobile Mapping System im Rahmen von Studierendenarbeiten aufzubauen. Das System wurde anschliessend mit viel Eigeninitiative weiterentwickelt und dient heute als multifunktionale Forschungsplattform. Ein Hauptfokus liegt dabei in der Entwicklung eines Stereobild-basierten Mobile Mapping Systems, der dazugehörigen Software und Prozesskette und einer breiten Palette innovativer Dienstleistungen, die mittlerweile von der Spin-off-Firma iNovitas AG kommerziell angeboten werden (siehe Abb. 1).

Das «StereoVision-Erfassungssystem» besteht aus einem GNSS/INS-Navigationssystem zur direkten Georeferenzierung zweier Full-HD-Digitalkameras (siehe Abb. 2). Die Kameras sind in einer

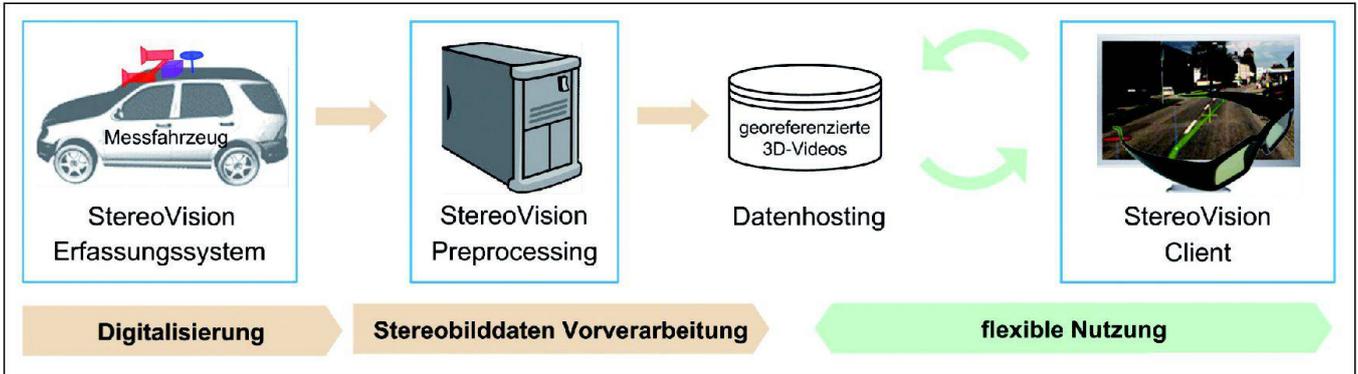


Abb. 1: Prozesskette von der Aufnahme bis zur Verwaltung und Nutzung von georeferenzierten 3D-Videos.

Stereokonfiguration mit einer Stereobasis von ca. einem Meter angebracht. Damit die gegenseitige (relative) Orientierung der zwei Kameras während der Fahrt konstant bleibt, müssen diese einerseits auf einer robusten Metallkonstruktion fest miteinander verbunden sein und andererseits gleichzeitig ausgelöst werden können. Eine hochgenaue Synchronisierung ist nicht nur für die relative Orientierung der Kameras entscheidend, sondern auch für deren direkte Georeferenzierung (Bestimmung der äusseren Orientierung) über das Navigationssystem. Dies wird mit einem Hardware-Trigger erreicht, welcher die Kameras und ein Event auf dem Navigationssystem gleichzeitig auslöst. Zudem sind eine umfassende Systemkalibrierung und insbesondere die Boresightkalibrierung entscheidende Bestandteile. Die Boresightkalibrierung beinhaltet die Bestimmung der Fehlansrichtung (engl. *Misalignment*)

und des Hebelarms (engl. *Lever-Arm*) des Kamerasystems bezüglich des INS-Referenzkoordinatensystems. Diese Parameter lassen sich aus der Differenz zwischen photogrammetrisch und mittels Navigationssystem bestimmter Kameraorientierung ableiten (Ellum und El-Sheimy, 2002).

Pro Stunde Messfahrt werden bis zu 100 GB Daten pro Kamera aufgezeichnet, welche anschliessend mit der «StereoVision-Preprocessing»-Komponente für die stereoskopische Auswertung und die weitere Nutzung aufbereitet werden. Neben der Interpolation des Bayer-Musters der Rohbilder und der Korrektur der Objektivverzerrungen ist die Berechnung von Normalbildern bzw. Epipolarbildern notwendig. Dabei werden die leicht verschwenkten Stereobildpaare rechnerisch so umgebildet, dass alle Kernlinien (Epipolarlinien) horizontal im Bild zu liegen kommen. Damit wird einerseits die visu-



Abb. 2: Stereobild-basiertes Mobile Mapping System des IVGI.

elle Stereobetrachtung und -messung möglich, und andererseits vereinfachen sich Automatisierungsverfahren wie bspw. das *Dense Matching* wesentlich. Die georeferenzierten Normalbildsequenzen oder -videos können anschliessend mit dem am IVGI entwickelten «StereoVision-Client» flexibel genutzt werden.

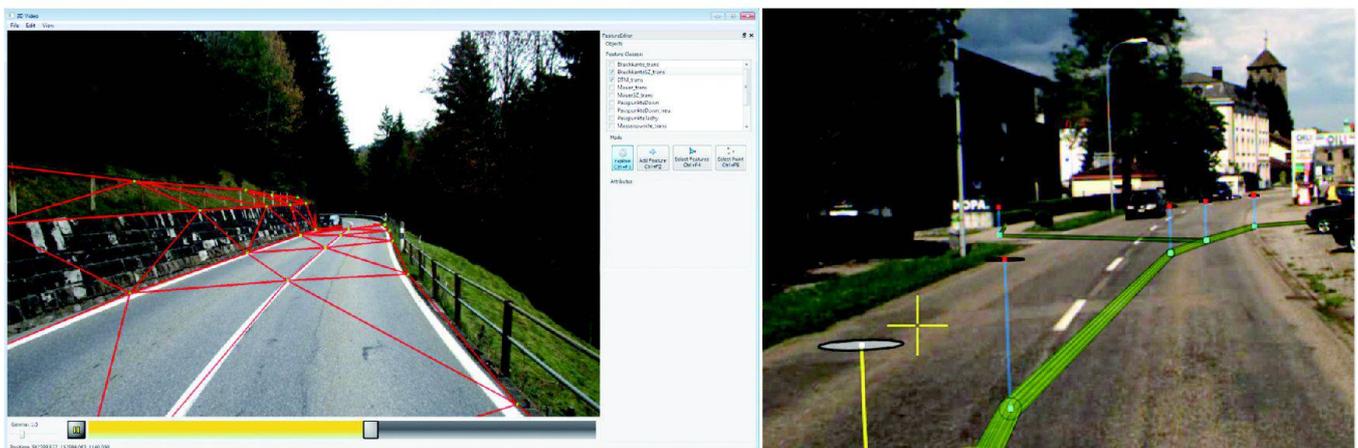


Abb. 3: StereoVision-Client: Überlagerung TIN (links); Überlagerung, Erfassung und Nachführung von GIS-Daten (rechts).

	quer	längs	Höhe	3D
	zur Fahrtrichtung			
maximale Differenz. [mm]	46	67	36	68
m_{Diff} [mm]	17	25	16	34

Tab. 1: Erreichte Genauigkeiten gut definierter Kontrollpunkte (Cavegn, 2010).

Die Software ermöglicht die 3D-Darstellung der Video- und Bilddaten, die Stereoauswertung und Überlagerung beliebiger Geodaten sowie die interaktive Anbindung an ein Geographisches Informationssystem (siehe Abb. 3).

Direkte Georeferenzierung und Genauigkeitsuntersuchungen

Die absolute Genauigkeit der Auswertungen aus den Stereobildpaaren ist direkt abhängig von der Qualität der Messungen des Navigationssystems, welche wiederum stark beeinflusst ist von der vorherrschenden GNSS-Konstellation. Die beste Qualität der Aufnahmetrajektorie erreicht man mittels einer *tightly-coupled* Integration von GNSS- und INS-Daten. Das von uns eingesetzte Navigationssystem erreicht damit a priori Genauigkeiten bei guter GNSS-Konstellation von 2–5 cm in der Lage und 0.02–0.05° in den Orientierungswinkeln. Eine Untersuchung, welche im Rahmen einer Studierendenarbeit durchgeführt wurde, zeigt, dass die Genauigkeit einer Einzelpunktmessung mit dem Stereo-bildbasierten Mobile Mapping System bei einer Fahrgeschwindigkeit von 30–40 km/h im Bereich weniger Zentimeter liegt (siehe Tab. 1). Dazu wurden über 50 Kontrollpunkte in der Umgebung des FHNW-Campus in Muttenz als Referenz tachymetrisch eingemessen.

Bei starker GNSS-Signalabschattung oder gar GNSS-Ausfall kann sich die Genauigkeit rasch verschlechtern. Die Stärke dieses Abdriftens der Trajektorie hängt dann stark von der Qualität des eingesetzten INS ab. Kürzere GNSS-Ausfälle können mit der Inertialnavigation gut überbrückt werden. Längere Ausfälle, bspw. bei Fahr-

ten durch Tunnels, längere Waldstücke oder Strassenschluchten sind problematisch, weshalb in solchen Abschnitten mit zusätzlichen Passpunkten gearbeitet werden muss.

Anwendungen und Automatisierung

Die georeferenzierten 3D-Videos ermöglichen eine breite Nutzung, bilden die Datenbasis für diverse Kartierungen und erlauben die Etablierung neuer Dienstleistungen. Beispielsweise können Situationspläne, Ausführungspläne oder die Datengrundlage für Bauprojektierungen sehr flexibel erhoben werden. Der Detaillierungsgrad der Erhebung kann nachträglich an die Projektierungsbedürfnisse angepasst werden und es können flexibel Ergänzungen erfasst werden. Aus kartierten Bruchkanten und Einzelpunkten können sehr einfach digitale Höhenmodelle des Fahrbahnbereichs abgeleitet werden, welche anschliessend im 3D-VIEWER zwecks Qualitätskontrolle wiederum

überlagert werden können (siehe Abb. 3). Vielversprechend ist die Nutzung der 3D-Videodatenbasis als Grundlage für die Erfassung, Nachführung und Verwaltung diverser Katastherthemen im Bereich der Strasseninfrastruktur und der Strassenmöblierung wie beispielsweise Strassenzustand, Verkehrssignale und -markierungen. Unterstützt wird diese Anwendung durch eine direkte Anbindung des StereoVision-Clients an ein Geographisches Informationssystem (siehe Abb. 3). Die 3D-Videodatenbasis soll künftig über einen 3DCityTV-Service einem breiten Nutzendenkreis in der öffentlichen Verwaltung oder bei privaten Infrastrukturbetreibern zur Verfügung gestellt werden, um diese bei der Nachführung und Pflege der Infrastrukturanlagen zu unterstützen.

Neue Algorithmen und Entwicklungen aus der Bildverarbeitung ermöglichen vermehrt automatisierte und benutzerunterstützte Auswertungen. So können beispielsweise aus den mittels *Dense Matching* (z.B. Hirschmüller, 2005) generierten Tiefenkarten sehr dichte 3D-Punktwolken abgeleitet werden, aus welchen beispielsweise automatisiert Fahrbahnprofile extrahiert werden können (siehe Abb. 4). Weiter erlauben innovative Bildverarbeitungsprozesse das automatische Detektieren, Klassifizieren und Kartieren von Verkehrssignalen auf Basis der Stereobilddaten und den daraus ab-

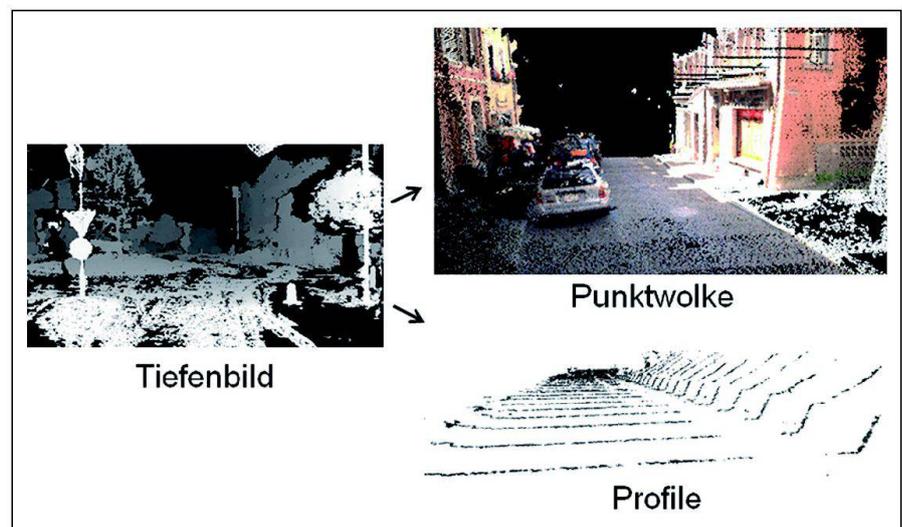


Abb. 4: Tiefenbild und daraus abgeleitete 3D-Punktwolke und Querprofile.

geleiteten Tiefenkarten. Ein neu entwickelter Stereobildsequenz-Matching-Algorithmus ermöglicht zudem die präzise Monobildauswertung von Einzelpunkten.

Fazit

Mobile Mapping Systeme ermöglichen die effiziente vollautomatische 3D-Erfassung des Fahrbahnbereichs mit einer hohen Genauigkeit. Die abgeleitete digitale Datenbasis kann für unterschiedlichste Auswertungen, für die Nachführung von Geodaten oder beispielsweise für das Strasseninfrastrukturmanagement genutzt werden. Kamerabasierte Stereo-Erfassungssysteme eignen sich dafür besonders gut, da die Bilddaten neben der 3D-Messung auch eine einfache Objektklassifizierung und -beurteilung ermöglichen. Die Kombination von mobiler Aufnahmetechnik mit Softwarekomponenten zur Verwaltung und verteilten

Nutzung des detaillierten Abbildes der Realwelt in Form von georeferenzierten Bilddaten ermöglicht eine flexible Datenerfassung und -nachführung im Büro. Im Vergleich zur konventionellen Felderfassung weist die mobile Messtechnik ein erheblich reduziertes Gefahrenpotenzial auf und sie ermöglicht in vielen Fällen den Verzicht auf aufwändige Sicherungs- und Sperrmassnahmen.

Referenzen:

Cavegn, S. (2010). Fahrzeuggestützte stereobildbasierte Geodatenkartierung – Genauigkeitsuntersuchungen und Potentialabschätzung, MSE Vertiefungsprojektarbeit, Fachhochschule Nordwestschweiz.

Ellum, C. und El-Sheimy, N. (2002). *The Calibration of Image-Based Mobile Mapping Systems*. 2nd Symposium on Geodesy for Geotechnical and Structural Engineering, May 21–24, 2002, Berlin, International Association of Geodesy.

Hirschmüller, H., 2005. Accurate and Efficient Stereo Processing by Semi-Global Matching and Mutual Information, IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 807–814.

Joel Burkhard
Prof. Dr. Stephan Nebiker
Fachhochschule Nordwestschweiz
Institut Vermessung und Geoinformation
Gründenstrasse 40
CH-4132 Muttenz
stephan.nebiker@fhnw.ch

Hannes Eugster
iNovitas AG
Mobile Mapping Solutions
Gründenstrasse 40
CH-4132 Muttenz

WIE?
BEZUGSWO?
WAS?
BEZUGSWO? BEZUGSWO? BEZUGSWO? BEZUGSWO? BEZUGSWO? BEZUGSWO? BEZUGSWO? BEZUGSWO? BEZUGSWO? BEZUGSWO?

Das Bezugsquellenregister gibt Ihnen auf alle diese Fragen Antwort.