

Erfahrungen bei der kinematischen Erfassung von Verkehrswegen mit MoSES

Gunnar Gräfe*, Wilhelm Caspary, Hans Heister,
Jochen Klemm*, Martin Lang*,
AG ikV – Universität der Bundeswehr München
* jetzt Mobile Mapping GmbH, Norderstedt

Zusammenfassung: Das Mobile – Straßen – Erfassungs- System (MoSES) wurde von der Arbeitsgruppe ikV am Institut für Geodäsie der Universität der Bundeswehr unter Leitung von Prof. Caspary und Prof. Heister entwickelt. Das System erfasst kostengünstig und umfassend den gesamten Straßen- oder Schienenraum ohne Behinderung des fließenden Verkehrs mit drei verschiedenen Sensorsystemen: digitalen Videokameras, Stereomesskameras und Laserscannern. Als äußere Orientierung für die exakt zeitsynchronisierten Aufnahmesensoren dienen dreidimensionale Position und Lagewinkel des Fahrzeuges, die mit Hilfe einer inertialen Messeinheit (IMU), gestützt durch DGPS und weitere Sensoren, kontinuierlich ermittelt werden. Die weitgehend automatisierte Verarbeitung der Daten im Anschluss an die Messung gewährleistet die zügige Gewinnung der Objekte einschließlich ihrer Attribute sowie eine hohe Datenqualität. Durch zusätzliche Homogenisierung der Daten wird Nachbarschaftsgenauigkeit zwischen verschiedenen Befahrungen erreicht. Mit dem System wurde bereits eine Reihe von großräumigen Projekten mit höchsten Anforderungen erfolgreich durchgeführt.

1 Einführung

Besonders im Bereich der Geodäsie und Geoinformation erlangen rationelle und kostengünstige Methoden zur Erfassung digitaler Daten für Informationssysteme jeglicher Art zunehmend zentrale Bedeutung. Im Bereich der Straßendatenbanken, wie z.B. der Straßeninformationsbank (SIB) der Straßenbauverwaltungen, ist der Einsatz hybrider, kinematischer Messsysteme Voraussetzung für die effiziente Erfassung der benötigten Informationen und ihre laufende Aktualisierung. Die Datenmodelle sehen eine Fülle von Objekten und deren Attribute in den Teilsystemen Netz- und Bestandsdaten vor, wie z.B. Netzknoten, Achsgeometrie, Fahrbahnränder oder Fahrbahnquerneigungen im Teilsystem Netzdaten und

Querprofile, Querschnittstreifen, Straßenausstattung oder Entwässerung im Teilsystem Bestandsdaten. Im Straßenwesen bildet die Straßenachse mit den relativen Bezugsgrößen Stationierung und Achsabstand das Bezugssystem für die Objekte. Zusätzlich ist die Repräsentation in dreidimensionalen Koordinaten vorgesehen. Die Datenbestände sind bezogen auf ein homogenes, übergeordnetes Bezugssystem möglichst vollständig und nachbarschaftsgenau zu erfassen. Als zentrale Anforderung an die Datenerfassung und Datenbereitstellung für die SIB wird daher neben einer ausreichenden absoluten Messunsicherheit von etwa 0,5 m vor allem auch eine relative Messunsicherheit von < 10 cm in der Lage und < 5 cm in der Höhe immer häufiger gefordert. Aus diesen Gründen wurden seit Beginn der 90er Jahre von der Arbeitsgruppe „Integrierte kinematische Vermessung“ (ikV) am Institut für Geodäsie der Universität der Bundeswehr München die kinematischen Messsysteme KiSS[®] (Kinematic Survey System) und MoSES (Mobiles – Straßen – Erfassungs- System; Abb. 1) entwickelt. Beide Systeme wurden bereits eingehend in der Literatur beschrieben: Heister 1995, Gräfe 2001, Gräfe 2003. Seit Erreichen der Funktionstüchtigkeit und Einsatzbereitschaft für praktische Anwendungen konnten die Meßsysteme in den letzten Jahren bei zahlreichen Projekten mit hoher Effizienz eingesetzt werden (Heister, Gräfe 2004).

2 Das Mobile - Straßen – Erfassungs- System (MoSES)

Auf den Entwicklungserfahrungen mit dem System KiSS[®] aufbauend, wurde das MoSES speziell für die messtechnische Erfassung des Straßenraumes optimiert. Der Aufbau des Systems ist modular und gliedert sich in zwei Multisensor - Subsysteme (Abb. 1):

- Subsystem zur Bestimmung der Trajektorie auf der Basis eines Applanix POS/LV 420 – Systems (Gräfe 2001)
- Subsystem zur Erfassung des Straßenraumes

Letzteres besteht derzeit aus 3 Multisensormodulen:

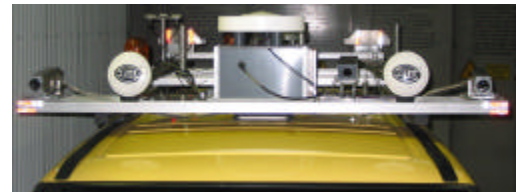
- Modul Photogrammetrie : 2 CCD – Messkameras
- Modul Video : 2 digitale Video – Kameras
- Modul Laserscanner : 2 Laserscanner

3 Auswertung

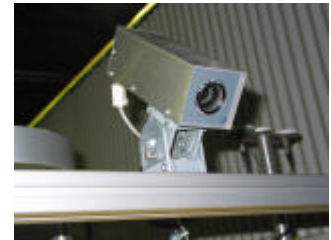
Im Anschluss an eine Befahrung wird die Trajektorie des Fahrzeuges ermittelt. Sie liefert die äußere Orientierung für die Aufnahmesensoren und erlaubt somit die direkte Bestimmung der Lage des Straßenbandes im Raum. Eine ausführliche Darstellung der Trajektorienbestimmung geben Sternberg, Caspary 2002. Die Qualität der Berechnungsverfahren für die Trajektorie wurde durch die Einführung zusätzlicher Informationen und Zwangsbedingungen aus Scannermessungen und photogrammetrischer Punktbestimmung wesentlich verbessert (Grä-

Abb. 1 – Das mobile Straßen-Erfassungs-System (MoSES) mit einer Einzeldarstellung der Module zur Erfassung des Straßenraumes

Modul Photogrammetrie



Modul Video - Dokumentation



Modul Laserscanner



fe 2003). Parallel zur Trajektorienbestimmung kann die photogrammetrische Messung der Objektkoordinaten einschließlich notwendiger Attributierung erfolgen. Das Auffinden relevanter Objekte wird durch das zeitsynchronisierte und georeferenzierte Farbvideo, das zusätzlich auch allgemeine Bildinformationen für den Nutzer in digitaler Form bereitstellt, erleichtert. Das Ergebnis sind georeferenzierte Objekte, die in einem weiteren Auswertungsabschnitt gemäß den

Anforderungen des Auftraggebers für z.B. die Straßeninformationsbank aufbereitet werden (Gräfe 2003).

4 Kinematischer Einsatz von Laserscannern

Die dritte Sensorgruppe, bestehend aus zwei Laserscannern Sick LMS 200, stellt eine wesentliche Neuerung dar. Mit einem Öffnungswinkel von 180° erfasst jeder Scanner pro Sekunde 75 Profile senkrecht zur Fahrtrichtung. Die gegenseitige Ausrichtung der Scanner ist variabel und ermöglicht 360° Profilmessungen. Da die Scanner mit der Sensorik zur Trajektorienbestimmung exakt synchronisiert sind und durch genaue Zentrierungsmessungen die Lage der Scannernullpunkte relativ zum Nullpunkt des Fahrzeugkoordinatensystems festgelegt wurde, kann jeder aufgenommene Objektpunkt, z.B. auf der Straßenoberfläche, in einem vom Nutzer definierten Koordinatensystem, z.B. WGS 84, in dreidimensionalen Koordinaten angegeben werden (Gräfe, Heister 2004).

5 Anwendungen

Aus dem o.a. Anwendungsspektrum für den Einsatz von KiSS[®] und MoSES konnten in den letzten Jahren im Bereich Straße und Schiene eine Reihe von Projekten durchgeführt werden (Heister 2004). Ein repräsentatives Beispiel für die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten ist die Aufnahme im Straßenbauamtsbezirk Hameln für die Straßen-Informations-Bank (SIB) des Landes Niedersachsen, die im Jahr 2002 / 2003 durchgeführt wurde (Abb. 2). Auf der Grundlage der ASB-Netz und ASB-Bestand wurde durch die Niedersächsische Straßenbauverwaltung ein Anforderungskatalog für Geometrien und

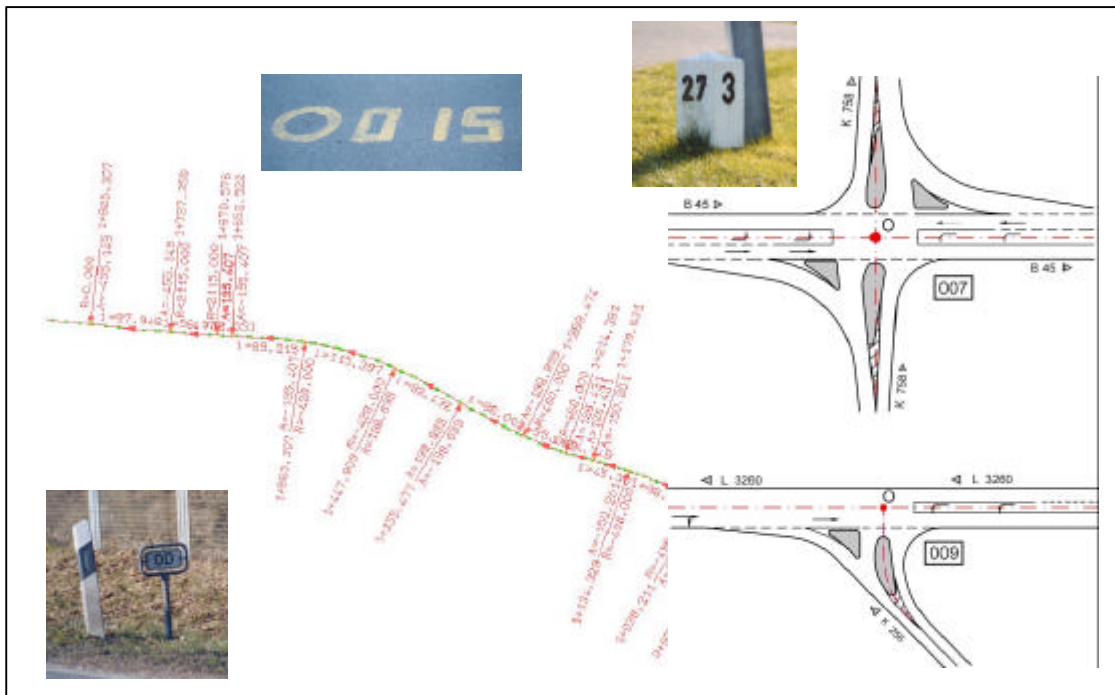


Abb.2 - Objekte der Straßeninformationsbank - Netzdaten

Objekte einschließlich Genauigkeiten zusammengestellt, die mit Hilfe der kinematischen Vermessung durch MoSES für die SIB bereitgestellt werden konnten. Die Netzdaten umfassten dabei u.a. folgende Informationen (s.a. Abb. 2):

- Achsgeometrie (in Lage und Höhe),
- Fahrbahnränder,
- Fahrbahnquerneigung,
- Abschnittsdaten,
- Kilometrierung, Ortsdurchfahrten,
- Kreuzungen,
- Anzahl der Fahrstreifen und Fahrbahnen.

An Bestandsdaten wurden erfasst:

- Querprofile,
- Querschnittsstreifen,
- Straßenausstattung,
- Lärmschutzeinrichtungen,
- Markierungen,
- Schutzeinrichtungen,
- Beschilderung,
- Entwässerung,
- Verkehrsraumeinschränkungen.

Insgesamt war ein umfangreicher Katalog von 37 verschiedenen Objekten abzu- arbeiten. Dazu wurden ca. 1000 km Straßen (Bundesautobahnen, Bundesstraßen und Landesstraßen) im Straßenbauamtsbezirk Hameln in einem Zeitraum von drei Wochen befahren. Die Befahrung aller Fahrstreifen und Äste führte zu 2500 Messkilometern.

6 Zusammenfassende Bewertung und Ausblick

Die kinematischen Meßsysteme KiSS[®] und MoSES haben sich bei den durchge- führten Projekten voll bewährt und die Erwartungen in Wirtschaftlichkeit, Fle- xibilität und Genauigkeit voll erfüllt. Demnach kann die erreichbare Messunsich- erheit wie folgt beschrieben werden:

Bei der Trajektorienbestimmung beträgt die Standardabweichung der absoluten Position (Lage und Höhe) 0,3 – 0,4 m, wobei GPS-Ausfälle bis maximal 3 Mi- nuten durch den Einsatz der hybriden Messtechnik (IMU) abgefangen werden. Bei der photogrammetrischen Auswertung können die Raumkoordinaten eines Objektes mit einer Standardabweichung von < 0,1 m relativ zum Fahrzeug be- stimmt werden. Gleichwohl konnte insbesondere das System MoSES einschließ- lich der Auswertesoftware durch die gewonnenen Erfahrungen laufend verbes-

sert werden, so dass heute ein hoher operationeller Stand erreicht ist. Wie alle durchgeführten Projekte gezeigt haben, gewährleistet die Methode des kinematischen Messens oder Erfassens von Objekten entlang linienförmiger Verkehrswege bereits bei dem heutigen Entwicklungsstand bei Aufrechterhaltung des fließenden Verkehrs eine hohe Leistungsfähigkeit.

Literatur:

- Gräfe, G. [2001]: The road data acquisition system MoSES –determination and accuracy of trajectory data gained with the Applanix POS/LV. 3rd International Symposium on Mobile Mapping Technology, Proceedings on CD, 3.-5.01.2001, Cairo, Ägypten
- Gräfe, G. [2003]: Mobile Mapping with Laser Scanners using the MoSES. In: Grün/Kahmen (Eds.): Optical 3-D Measurement Techniques VI, Vol I, Zürich, Schweiz, S. 381-388
- Gräfe, G., Heister, H.[2004]: kinematische Erfassung des Straßenraumes mit Hilfe von Laserscannern. In : 58. DVW – Seminar kinematische Messmethoden „Vermessung in Bewegung“, Stuttgart
- Heister, H., Caspary, W. Hock, Chr., Klemm, J., Sternberg, H. [1995]: KiSS, a Hybrid Measuring System for Kinematic Surveying. In: Linkwitz/Hangleiter (Eds): High Precision Navigation 95, Ferd. Dümmler Verlag, Bonn, S. 561 - 568
- Heister, H., Gräfe, G.[2004]: Projekterfahrungen beim Einsatz der kinematischen Messsysteme KiSS und MoSES. In : 58. DVW – Seminar : kinematische Messmethoden „Vermessung in Bewegung“, Stuttgart
- Sternberg, H. und Caspary, W. [2002]: Fahrzeugtrajektorie und Trasse als Ergebnis kinematischer Vermessung. In: ZfV 127, Seite 298 – 304, 2002

Anschriften:

Gunnar Gräfe, Martin Lang und
Jochen Klemm

Mobile Mapping GmbH
An'n Slagboom 51

22848 Norderstedt
gunnar.graefe@mobile-mapping.biz

Prof. Wilhelm Caspary
Prof. Hans Heister
Institut für Geodäsie
Universität der Bundeswehr München
Werner-Heisenberg-Weg 39

85579 Neubiberg
h.heister@unibw-muenchen.de