



Airborne und Mobile Laserscanning

Robert Hau

Für die Herstellung von Grundplänen als Entwurfsbasis für den Um- und Ausbau der Ortsdurchfahrt Bassum wurde der Bestand mittels helikopter- und fahrzeuggestützter Messsysteme aufgenommen und mit CARD/1 planungsgerecht aufbereitet. Kontrollmessungen bestätigen die Einhaltung der Genauigkeitsanforderungen gemäß RAS-Verm bei diesem Messverfahren. Auch in puncto Sicherheit, Schnelligkeit und Wirtschaftlichkeit eröffnen sich damit neue Spielräume.

Die Erfassung von Bestandsdaten im Bereich von Verkehrswegen stellt für die Vermessung eine besondere Herausforderung dar. Es sind Sicherheits- und Absperrmaßnahmen erforderlich, um die Vermessungsarbeiten durchführen zu dürfen und zu können. Trotz der Absicherung bleibt das Arbeiten im Straßen- oder Schienenbereich für den Messtrupp immer gefährlich, und ein störungsfreier Ablauf der Messung ist selten möglich. Darüber hinaus kommt es regelmäßig zu Beeinträchtigungen des Verkehrs, insbesondere bei Fahrbahnsperren auf stark befahrenen Autobahnen oder Bundesstraßen. Im Folgenden wird ein Messverfahren vorgestellt, das die sichere und störungsfreie Vermessung im Straßenverkehr erlaubt und gleichzeitig geeignete Grundlagendaten für Straßenplanungen liefert, die die Genauigkeitsanforderungen gem. RAS-Verm erfüllen.

Das Projekt

Im Zuge des geplanten Um- und Ausbaus der OD Bassum von km 11,64 bis km 10,37 wurde seitens der Niedersächsischen Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr, Geschäftsbereich Nienburg (Dipl.-Ing. Bernd Habermann), der Auftrag für die erforderlichen Vermessungsarbeiten und die Herstellung von Grundplänen als Entwurfsbasis vergeben. Wesentliche Bestandteile dieses Auftrages waren die Bestandserfassung der ca. 1,3 km langen Ortsdurchfahrt mittels Mobile (MLS) und Airborne Laserscanning (ALS) und die Vektorisierung der aufgenommenen Punktwolken auf Grundlage des länderspezifischen „Kode2000“. Mittels terrestrischer Kontrollmessungen war außerdem der Nachweis zu erbringen, dass mit diesem kombinierten Aufnahmeverfahren Genauigkeiten erreicht werden,



ALS-System TopEye. Helikopter mit einem komplexen System zur dreidimensionalen Erfassung von Daten.

die eine Nutzung der Scannerdaten in der Straßenplanung erlauben.

Airborne (ALS) und Mobile (MLS) Laserscanning

Die Erfassung von Punktwolken und Bilddaten wurde mittels helikopter- und fahrzeuggestützter Messsysteme durchgeführt. Dabei kamen die Systeme TopEye (ALS) und Streetmapper (MLS) zum Einsatz.

ALS/MLS-Systeme bestehen im Wesentlichen aus folgenden Komponenten:

- ▶ GPS, INS/IMU
- ▶ einem oder mehreren Laserscannern
- ▶ Kamera- und Videosystemen
- ▶ Odometer (Wegmesser) für MLS

Da die Kamerabilder der fahrzeuggestützten Systeme für Projekte mit hohen Genauigkeitsanforderungen in der Regel nur zur Erkennung von Objekten dienen und auf Grund der Geschwindigkeit hohe Aufnahmefrequenzen nötig sind, werden dabei Kamerasysteme mit mittlerer Auflösung (2-4 Megapixel) eingesetzt. Im Gegensatz dazu ist im Airborne Laserscannersystem eine hochauflösende, kalibrierte Kamera (Rollei AIC, 39 Megapixel) integriert.

Beide Systeme ermöglichen die hochgenaue Erfassung von Bestandsdaten für



Fahrzeug mit einem MLS-System Streetmapper für die Erfassung von Straßenoberflächen und der unmittelbaren Umgebung.

langgestreckte Anlagen in kürzester Zeit. Eine Störung des Verkehrs wird vermieden, da die fahrzeuggestützten Messsysteme auf Grund Ihrer hohen Scanfrequenzen mit dem fließenden Verkehr „mitfahren“ können.

Befliegung

Um aus der luftgestützten Aufnahme eine höchstmögliche Auflösung der Luftbilder und Laserscannerdaten zu erhalten, wurde der Flug in nur 150 m Höhe über Grund durchgeführt. Die Befliegung zwei paralleler Streifen sicherte einen ausreichend breiten Korridor für die spätere Auswertung. Folgende Auflösungen wurden für die Befliegungsdaten erreicht:

- ▶ Luftbild: Bodenauflösung 2 cm
- ▶ Punktwolke: ca. 50 Messpunkte pro m²

Befahrung

Mit dem Messfahrzeug wurde jede Fahrspur in beiden Fahrtrichtungen befahren. Die Aufnahmegeschwindigkeit lag verkehrsbedingt zwischen 30 und 50 km/h. Auf Grund der niedrigen Geschwindigkeit lag die Punktdichte der beiden Scanner (Messrate je 200.000 Punkte/sec.) bei ca. 3.000 Messpunkten pro m².

Die beiden Kamerasysteme waren entgegen der Fahrtrichtung ausgerichtet. In

Fahrtrichtung wurde zusätzlich ein Video aufgezeichnet.

Auswertung der Messdaten

Nach Abschluss von Befliegung und Befahrung wurden die Messdaten aufbereitet. Die Laserscannerdaten wurden dafür in das örtliche Koordinatensystem transformiert und automatisch klassifiziert. Eine anschließende visuelle Überprüfung des Klassifizierungsergebnisses sowie eine manuelle Nachbearbeitung sicherte die Qualität der aufbereiteten Punkte. Die Laserscannerdaten der beiden Messsysteme wurden kombiniert, so dass eine sehr dichte 3D-Punktwolke für die anschließende Auswertung zur Verfügung stand.

Aus den Einzelbildern der Befliegung wurde ein ausgeglichener Bildverband berechnet und anschließend auf das Gelände entzerrt. Als Ergebnis lagen hochauflösende, georeferenzierte Orthophotos mit einer Bodenauflösung von nur 2 cm für den gesamten Projektbereich vor.

Die Aufnahmen der beiden Kameras des Messfahrzeuges wurden ebenfalls geokodiert, so dass sie als Unterstützung bei der Digitalisierung genutzt werden konnten. Eine Umrechnung dieser Bilddaten zu Orthophotos ist möglich, aber auf Grund der Aufnahmerichtung und der zum Teil hohen Verzeichnungen der Kameraobjektive nicht zu empfehlen. Vielmehr wurden sie

zur Interpretation und zum Einfärben der Punktwolke genutzt.

Genauigkeiten

Die Positionsbestimmung des Helikopters und des Messfahrzeuges erfolgte über die Auswertung der GPS/GLONASS-Beobachtungen im Post-Processing. Auch hier liegt, wie beim RTK-Verfahren, die zu erwartende Genauigkeit in Lage und Höhe bei ca. 2-3 cm für die Position des Messsystems. Hinzu kommen noch systembedingte Fehleranteile, so dass die resultierende Genauigkeit für eine Straßenplanung nicht ausreichend wäre.

Zur verbesserten Lagerung der Bild- und Laserscannerdaten wurden deshalb im Aufnahmebereich geeignete Pass- oder Kontrollpunkte mittels GPS, Tachymetrie und Nivellement bestimmt. Hierzu können im örtlichen Bereich z.B. Fahrbahnmarkierungen oder auf Autobahnen spezielle Markierungen im Bereich des Seitenstreifens bestimmt werden. Die Messung lässt sich zusammen mit der Bestimmung von Festpunkten für die späteren Baumaßnahmen durchführen.

Für die 1,3 km lange Ortsdurchfahrt Bassum wurden rund 20 Passpunkte bestimmt. Über eine Transformation werden die Messdaten der ALS- und MLS-Messungen in Lage und Höhe optimiert. Hierbei werden Genauigkeiten in der Höhe von

± 1 cm (1σ) für die MLS-Laserdaten und $\pm 1,5$ cm (1σ) für die ALS-Laserdaten erreicht. Die Lagegenauigkeit der Orthophotos ist besser als 1 Pixel, also besser als ± 2 cm.

Um eine abschließende Aussage über die erreichte Genauigkeit zu erhalten, wurden 10 Querprofile gemessen. Der Vergleich von eindeutig definierten Punkten ergab eine maximale Differenz von 2 cm aus den beiden Messverfahren.

Auch die Untersuchungen in einem weiteren Projekt bestätigen diese Genauigkeiten. Hier wurden auf einer 2 km langen, vierspurigen Straße rund 500 tachymetrisch bestimmte Messpunkte mit denen auf Grundlage von MLS- und ALS-Daten bestimmten Punkten verglichen. Das Resultat dieser Untersuchung ergab eine Lage- und auch Höhengenaugigkeit von $\pm 1,5$ cm.

Die Kombination ALS/MLS in Verbindung mit der Messung von Passpunkten liefert eine für die Entwurfsplanung mehr als ausreichende Genauigkeit gemäß den Anforderungen der RAS-Verm.

Bestandsdaten

Auf Grundlage der Befliegungs- und Befahrungsdaten wurden anschließend u.a. in CARD/1 alle relevanten Bestandsdaten ausgewertet. Mit Hilfe der hochauflösenden Luftbilder wurden die Topografie lagemäßig erfasst und die Vektorelemente entsprechend den Vorgaben attribuiert. Eine optimale Unterstützung bei der Differenzierung der Objekte, z. B. bei Verkehrszeichen, bilden die Bild- und Videoinformationen des Messfahrzeuges. Durch die Nutzung der Punktwolken kann für jedes Objekt eine Höhe bestimmt werden, wobei im Straßenbereich die Daten des mobilen Scanners und im Außenbereich die Daten des hubschraubergestützten Scanners genutzt wurden. Als Ergebnis lagen dreidimensionale Punkt-, Linien- und Flächenobjekte vor. Aus den so gewonnenen Bruchkanten und der ausgedünnten Punktwolke wurde dann noch ein hochgenaues digitales Geländemodell erzeugt.



3D-Punktwolke inkl. farblich markierter Bestandsobjekte.



Mit CARD/1 steht eine Software zur Verfügung, die den kompletten Ablauf der Bestandsdatenauswertung auf Grundlage dieser kombinierten ALS/MLS-Daten ermöglicht. Neben der Visualisierung und Digitalisierung von Orthophotos ist hier insbesondere auch die einfache Nutzung und Verarbeitung der Punktwolken möglich. Die länderspezifische Objektattribution, die Erstellung der Geländemodelle oder auch die Übernahme von ALK/ALB-Daten konnten ohne Probleme im Sinne des Auftraggebers geleistet werden ...

Warum ALS und MLS?

Die beiden Messsysteme erfassen die Topografie aus sehr unterschiedlichen Perspektiven. Der Scanner des hubschraubergestützten Systems befindet sich ca. 150 m über dem Gelände, der Scanner des Fahrzeuges nur 2-3 m. So sind die Laserscannerdaten aus der Luft gerade für die Bereiche seitlich der Straße unbedingt notwendig. Böschungen oder Gräben werden vom Laser des Fahrzeuges nur teilweise erfasst, falls diese unter dem Straßenniveau liegen. Auch die Digitalisierung der Objekte rein auf Grundlage der Punktwolke ist nur schwer möglich. Objekte, wie Abläufe oder Gullys, sind in einer Intensitätsdarstellung der Laserscannerdaten nur schwer oder gar nicht erkennbar. Hier ist das hochauflösende Luftbild gegenüber der Bildaufnahme vom Fahrzeug weitaus effizienter. Verfahrens- und systembedingt sind Genauigkeiten unter 2 cm in der Lage für die Orthophotos aus der Befahrung (noch) nicht möglich.

Das ALS/MLS-Verfahren wurde mittlerweile bei fünf weiteren Straßenplanungsprojekten für die Entwurfsvermessung erfolgreich eingesetzt. Die Laserscannerdaten sind auch dort Grundlage, z.B. für den Entwurf eines Knotens, für die Deckenerneuerung auf Bundesstraßen und Autobahnen und für den Brückenbau. Auch die Bereitstellung vermessungstechnischer Grundlagenpläne für die BAB A7 in Hamburg zwischen Elbtunnel und Landesgrenze zum Zwecke des 6/8-streifigen Ausbaus wurde mittels ALS und MLS bewältigt.

Schlussbetrachtung

Das hier beschriebene Verfahren ermöglicht die Erfassung von Bestandsdaten mit Tachymetergenauigkeit. Darüber hinaus erlaubt es eine fast störungsfreie Durchführung der Messaufgabe im Straßen- und auch Schienenbereich. Als Mehrwert zur klassischen Vermessung liegen die Orthophotos, die Punktwolken sowie die Kamera- und Videodaten vor. Diese ermöglichen weitere detailliertere Auswertungen und die Kontrolle der Vollständigkeit und Richtigkeit der Auswertung.

Auch die Wirtschaftlichkeit und insbesondere die Schnelligkeit dieses Verfahrens ist zu betonen. Selbstverständlich sind die Rüstkosten für die Mobilisierung der Messsysteme nicht unerheblich. Allerdings fallen teure Absperrmaßnahmen weg und die Kombination mehrerer kleiner Projekte ermöglicht eine starke Reduzierung dieser Kosten. Sind die beiden Systeme erst mal richtig „in Fahrt oder im Flug“, lassen sich leicht 100 km am Tag erfassen.

Gerade in Deutschland, wo ein sehr dichtes Verkehrsnetz mit sehr starkem und auch schnellem Verkehr vorhanden ist, wird sich dieses Messverfahren bewähren und durchsetzen. Selbstverständlich gibt es noch viele weitere Einsatzmöglichkeiten, die sich im Laufe der Zeit rasch aufzeigen werden.

Firmenporträt

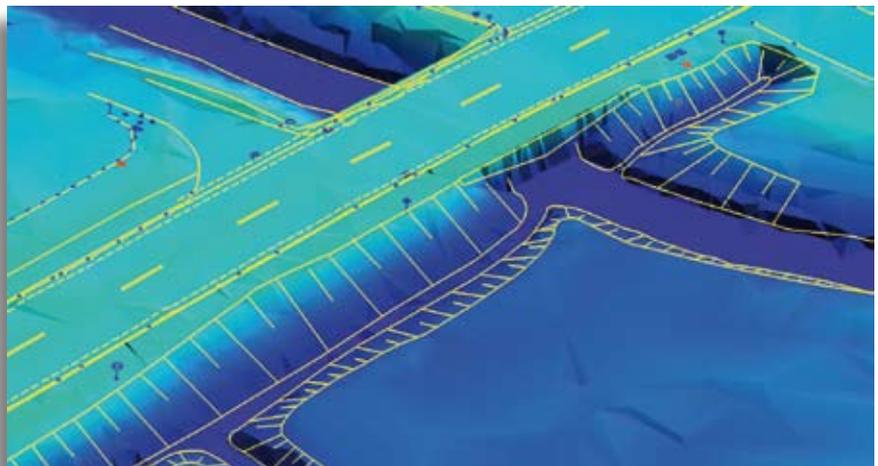
Nebel & Partner ist ein deutschlandweit und darüber hinaus tätiges Unternehmen auf allen Gebieten des Vermessungswesens.

Im Ingenieurbereich bieten wir neben den klassischen Vermessungsleistungen rund um Planung und Bau insbesondere die kinematischen Verfahren des Airborne- und Mobile-Laserscannings für Anwendungen mit hohen Anforderungen hinsichtlich Auflösung und Genauigkeit an.

Zudem sind zwei Partner der Gesellschaft in Schleswig-Holstein als Öffentlich bestellte Vermessungsingenieure zugelassen, so dass wir auch sämtliche hoheitlichen Vermessungsleistungen abdecken.

Nebel & Partner
Vermessung · Geoinformation

Nebel & Partner
Vermessung · Geoinformation
Schleistraße 18
24837 Schleswig
Telefon +49 (0) 4621/96 49 - 0
Telefax +49 (0) 4621/96 49 - 20
schleswig@ne-pa.de, www.nebel-partner.de



Hochgenaues digitales Geländemodell der Ortsdurchfahrt Bassum.