

Bestimmung von Durchfahrtshöhen an Kanalbrücken mittels Laserscanning

Ein Beitrag von KATHRIN REIFER

Zu den Aufgaben der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung zählt die Ermittlung und Dokumentation von maximalen Durchfahrtshöhen an Kanalbrücken. Aktuell werden die entsprechenden Daten vergleichsweise aufwendig und punktuell per Nivellement erfasst. In Kooperation mit dem Wasser- und Schifffahrtsamt in Duisburg-Meiderich wurde ein Verfahren entwickelt, die Durchfahrtshöhen aus Laserscanningdaten abzuleiten. Zwei unterschiedliche Systeme, ein Zoller + Fröhlich Imager 5010 C sowie eine Leica Nova MS50, wurden verglichen.

Brückendurchfahrtshöhe | Nivellement | Laserscanning | Leica Nova MS50 | Zoller + Fröhlich Imager 5010 C

Ausgangssituation

Die Bestimmung der Durchfahrtshöhe an Kanalbrücken ist eine wichtige Aufgabe des Wasser- und Schifffahrtsamt Duisburg-Meiderich, denn von ihr hängt ab, ob Schiffe diesen Teil des Kanals befahren können. Bei Kollisionen von Schiffen an Brücken kann es zu erheblichen Sach- und Personenschäden kommen. Die Durchfahrtshöhe der jeweiligen Brücke ergibt sich aus dem niedrigsten Punkt der Konstruktionsunterkante und dem planfestgestellten Wasserstand des Kanals. Zur Bestimmung wird aktuell ein Nivellement durchgeführt. Da das Nivellement in der Höhenbestimmung mehrere Schwächen aufweist, sollte die Bestimmung der Höhen mit terrestrischem Laserscanning erprobt werden.

Ziel

Ziel der Untersuchung war es, die Durchfahrtshöhe mittels zweier unterschiedlicher Laserscanningssysteme zu bestimmen und den Ablauf der Vorbereitung, Messung und der Auswertung zu beschreiben. Bei diesen Systemen handelte es sich um die Leica Nova MS50 und den Zoller + Fröhlich Imager 5010 C. Die zugehörige Software ist Leica Cyclone und Zoller + Fröhlich LaserControl. Die beiden Systeme wurden hinsichtlich ihres Nutzens für die Bestimmung von Durchfahrtshöhen betrachtet. Außerdem wurden die Systeme mit dem aktuellen Messverfahren verglichen und es wurde eine Gegenüberstellung beschrieben. Abschließend wurde eine Handlungsempfehlung gegeben. Auf diese Weise sollte sich herausstellen, ob ein Umstieg auf das terrestrische Laserscanning sinnvoll ist.

Nachteile des aktuellen Verfahrens

Bei Brücken, die höher als 5 m sind, kann keine Nivellierlatte mehr angehalten werden. Baulich bedingt ist es bei einigen Brücken schwierig, identische Punkte in der Doppelmessung anzuhalten. Es entstehen Fehler unter anderem durch die Vermessung falscher Konstruktionspunkte, da durch das Nivellement nur eine punktuelle Messung möglich ist und der niedrigste Punkt häufig nur

schwer wiederzufinden ist (Abb. 1). Demzufolge ist das Ergebnis der Messung nicht eindeutig. Da für die Messung ein Schiff benötigt wird, ist ein hoher organisatorischer und personeller Aufwand erforderlich. Da entsprechend dem Strömungsverhalten und der Bootsloge bei einigen Brücken analog gemessen werden muss, entstehen Ablese- und Rundungsfehler. Wenn ein reger Schiffsverkehr auf dem Kanal herrscht, wird der Zeitaufwand für die Messung sehr hoch, da der Kapitän Rücksicht auf passierende Schiffe nehmen und gegebenenfalls an den Rand fahren muss.

Beschreibung der verwendeten Geräte und Software

Laserscanning ist die dreidimensionale Erfassung von Objektoberflächen mit einem Laserstrahl. Das Ergebnis ist eine Wolke aus Punkten auf der Oberfläche, Punktwolke genannt (Deumlich u. Staiger 2002, S. 403).

Terrestrische Laserscanner lassen sich in unterschiedliche Kategorien unterteilen. Eine grundlegende Einteilung der Messsysteme kann anhand der Punktbestimmung durchgeführt werden. »Bei den terrestrischen Systemen werden die gesuchten zwei- oder dreidimensionalen Größen entweder nach dem Triangulations- oder nach

Autorin

Kathrin Reifer hat an der der Hochschule Bochum Vermessung studiert. Sie arbeitet für das Wasser- und Schifffahrtsamt Tönning als Sachbearbeiterin Vermessung und Liegenschaften

Kathrin.Reifer@wsv.bund.de

Abb. 1: Anhalten eines Punktes auf der Wasserlinie und in der Brückenmitte





Abb. 2: Leica Nova MS 50 bei der Messung (links); Zoller + Fröhlich Imager 5010 C bei der Messung, im Hintergrund Papiertargets am Brückenpfeiler (rechts)

dem Polarmessverfahren abgeleitet« (Müller et al. 2012, S. 279).

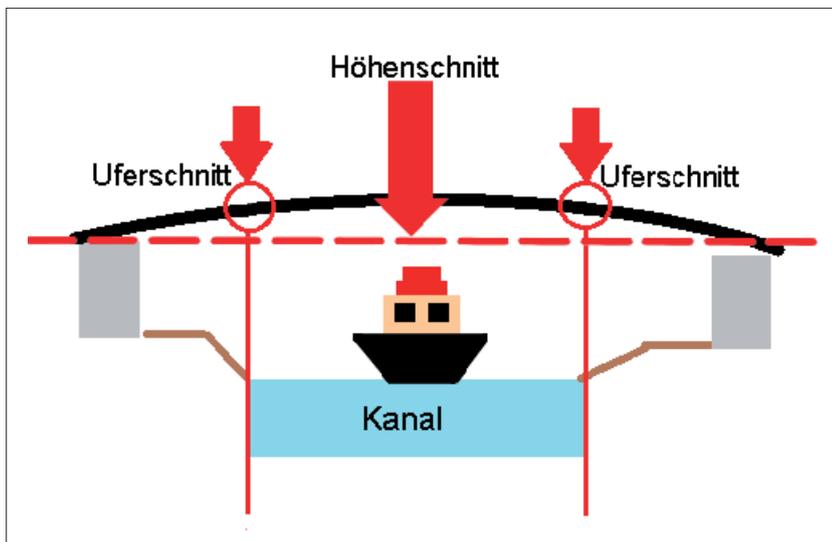
Auf die Triangulationsscanner wird an dieser Stelle nicht weiter eingegangen. Sie eignen sich für diese Messsituation nicht, da die zu messenden Distanzen zu groß sind.

Die Ableitung der dreidimensionalen Punkte erfolgt beim Polarmessverfahren über gemessene Vertikalwinkel, Horizontalwinkel und Strecken. Dies erfolgt simultan während der Messung. Mit einem Laserscanner mit Panorama-Messbereich lassen sich die meisten Anwendungen abdecken. Die Streckenmessung erfolgt bei den Messsystemen entweder über das Pulslaufzeitverfahren oder das Phasenvergleichsverfahren. Für die Messung wurden das Leica Nova MS50 und der Zoller + Fröhlich Imager 5010C eingesetzt.

Leica Nova MS50

Die Leica Nova MS50 (Abb. 2) ist ein Tachymeter mit GNSS-Anbindung, hochauflösender Bildtechnik und 3D-Laserscanning. Die Zuordnung der Daten erfolgt simultan während der Messung, wodurch nach einer Stationierung des Gerätes mittels bekanntem Anschluss, gesetzter Orientierung oder freier Stationierung alle 3D-Daten ein-

Abb. 3: Schnitte zur Filterung der Punktwolke



ander zugeordnet werden. Es verfügt über eine Weitwinkel- und eine Teleskopkamera. Die Streckenmessung der Nova MS50 basiert auf der Wellenform-Digitalisierungstechnologie, das heißt einer speziellen Art eines Laufzeit-Messsystems (Leica 2013). Mit der vom Hersteller angegebenen Strecken-, Vertikalwinkel- und Horizontalwinkelgenauigkeit konnte die 3D-Punktmessgenauigkeit bestimmt werden. Sie beträgt bei der Leica Nova MS50 0,0037 m.

Zoller + Fröhlich Imager 5010C

Der Imager 5010 C (Abb. 2) der Firma Zoller + Fröhlich (Z+F) ist ein terrestrischer Stand-Alone-Panorama-Laserscanner, der nach dem Phasenvergleichsverfahren misst. Er verfügt über eine integrierte CMOS-Farbkamera (Z+F 2013). Für den Zoller + Fröhlich Imager 5010 C wurde auch die 3D-Punktmessgenauigkeit bestimmt, sie beträgt hier 0,0075 m.

Messung und Auswertung

Für die Messung wurden die Geräte unter der Brücke auf jeder Uferseite aufgebaut. Für die Messung mit dem Zoller + Fröhlich Imager 5010C mussten zur Registrierung Targets an die Brückenpfeiler geklebt werden. Die Stationierung der Nova MS50 erfolgte über Anschlusspunkte aus dem Festpunktfeld des Wasser- und Schifffahrtsamtes am Kanal. Durch die automatische Zuordnung der Messdaten sind die Scans der Multistation so auch schon registriert (in ein übergeordnetes Koordinatensystem transformiert). Um die Scans des Imager 5010C zu registrieren, wurden vor Beginn der Messung Papiertargets an die Brückenpfeiler geklebt. Die Auswertung der Messdaten erfolgte mit den Programmen Leica Cyclone und Zoller + Fröhlich Lasercontrol.

Für die Bestimmung der Durchfahrthöhe sind nur Punkte im Wasserbereich des Kanals interessant. Da es weder bei Cyclone noch bei LaserControl eine Möglichkeit gibt, die Punktwolke mittels eines Polygons und der Höhe zu filtern bzw. zuzuschneiden (Abb. 3), wurde im Rahmen der Bachelorarbeit hierfür eine Visual-Basic-Anwendung geschrieben. Durch diese Filterung lassen sich besonders an Bogenbrücken die Messpunkte auf den Wasserbereich reduzieren. So werden gemessene Punkte außerhalb des zu analysierenden Bereiches aus der Auswertung ausgeschlossen. Es ist wichtig, dass das Zuschneiden der Punktwolke nicht händisch abläuft, da sonst das Ergebnis stark variieren kann.

Die Punktwolke wird mit Uferpunkten zugeschnitten, welche aus der Bundeswasserstraßenkarte abgegriffen werden. Um die Filterung der Punktwolke mittels der Uferpunkte zu realisieren, wurde ein Punkt-im-Polygon-Test durchgeführt. Eine Höhenfilterung der Punktwolke wird durchgeführt, um zu verhindern, dass Punkte an vorbeifahrenden Schiffen oder vorbeifliegenden Vögeln, sowie weitere Störfaktoren mit in die Auswertung

einfließen. Mit der Anwendung ist es möglich, den niedrigsten Punkt der Punktwolke zu bestimmen. Eine maximale Durchfahrtshöhe der Schiffe wird anhand des planfestgestellten Wasserstands berechnet. Als Eingabedatei wird eine ASCII-Datei mit den Koordinaten und der Höhe der Punktwolke benötigt. Die Intensitätswerte oder die RGB-Werte können mit eingelesen und weiter verarbeitet werden. Es ist möglich, mit den gefilterten Punktwolken in Form von Textdateien weiterzuarbeiten. Nach Bestimmung der Durchfahrtshöhe kann mit der Anwendung automatisch ein Formular zur Dokumentation in Word erstellt werden. Zur Darstellung der Punktwolke wurde das freie Programm CloudCompare genutzt (Abb. 4).

Vergleich Leica Nova MS50 und Zoller + Fröhlich Imager 5010C

Die Bestimmung der Durchfahrtshöhen lässt sich mit der Leica Nova MS50 sicher durchführen. Dies ist allerdings nur mit der eigens hierfür programmierten Visual-Basic-Anwendung möglich.

Das Leica Nova MS50 bietet den Vorteil, die Funktionen eines Tachymeters und eines terrestrischen Laserscanners in einem System zu vereinen, was es auch für andere Anwendungen nützlich macht. Die Scandauer der MS50 ist im Gegensatz zum Imager 5010 C sehr hoch. Allerdings ist die Auswertung der Messdaten deutlich einfacher und schneller. Dies ist auf die geräteinterne Zuordnung der Messdaten zurückzuführen. Hierdurch müssen die Einzelscans nicht in Nachbearbeitung registriert und koloriert werden. Das verhindert auch das Kleben von Targets, welche so nicht mit einem zusätzlichen Tachymeter eingemessen werden müssen. Die von Leica angebotene Software Cyclone reicht zur Vorauswertung der Messdaten aus und beinhaltet – falls die MS50 für andere

Messaufgaben genutzt werden soll – alle nötigen Funktionen.

Die von Zoller + Fröhlich angebotene Software LaserControl reicht bei dieser Aufgabenstellung für die Auswertung der Messdaten des Imager 5010 C nicht aus, was dazu führt, dass eine zusätzliche Software wie Cyclone hinzugekauft werden muss.

Vergleich Scanning und Nivellement

Die Messung mit der MS50 hat gegenüber der Bestimmung der Durchfahrtshöhen mit dem Nivellement folgenden Vorteil: Es erfolgt eine flächenhafte Messung der Unterseite der Brücke, was dazu führt, dass die niedrigsten Punkte nicht per Sichtprüfung festgestellt werden müssen. Der eindeutig niedrigste Punkt lässt sich durch die Auswertung der Punktwolke in der Visual-Basic-Anwendung feststellen.

Zudem muss bei Verwendung der MS50 bei der Messung kein Schiff zur Hilfe bestellt werden. Dadurch wird der personelle Aufwand reduziert. Dennoch ist die Messung mit der MS50 teurer, da aufgrund der Scandauer die Anzahl der durchführbaren Messungen an einem Tag sinkt. Allerdings ist die Anzahl der Durchfahrtshöhen, die mittels Schiff und Nivellement bestimmt werden kann, relativ, da dies vom Schiffsverkehr und von der Detailliertheit der Brückenunterseite abhängt.

Durch die digitale Messung mit automatischer Zieltechnologie der MS50 lassen sich Ablesefehler ausschließen. Aufgrund der berührungslosen Messung ist die Brückenhöhe für die Messung nicht relevant. Die erstellte Visual-Basic-Anwendung ermöglicht das Filtern der Punktwolke und das Bestimmen der Durchfahrtshöhe; hier sind allerdings Verbesserungen im Ablauf und bei der Anwenderfreundlichkeit möglich. [↕](#)

Literatur

- Deumlich, Fritz; Rudolf Staiger (2002): Instrumentenkunde der Vermessungstechnik, 9. Auflage; Wichmann
Müller, Gerhard; Georges Müller; Lambert Wanninger; Rudolf Staiger; Harald Schlemmer (2012): Handbuch Ingenieurgeodäsie – Grundlagen; Wichmann
Leica (2013): Leica Nova MS50 – White Paper; Leica Geosystems AG
Z+F (2013): Z+F Imager 5010 C; Broschüre, Zoller + Fröhlich GmbH

Nominiert für den
**DHyG Student Excellence
Award 2016**



Abb. 4: Darstellung des niedrigsten Punktes in CloudCompare

