



Bauwerksdokumentation und -inspektion an einer Trogbrücke mit Trimble® Laserscanning

Jörg Zimmermann

1. Vorbemerkungen

Kurz vor dem Ablauf der fünfjährigen Gewährleistung wurde für April 2008 erstmals nach der Inbetriebnahme im Oktober 2003 eine umfassende Inspektion der Trogbrücke über die Elbe durchgeführt. Dazu gehörte u.a. die komplette Leerung des Trogs, deshalb war die Wasserstraße ca. 4 Wochen lang für die Schifffahrt nicht nutzbar. Nach der Reinigung erfolgte eine umfangreiche Inspektion auf evtl. Schadstellen auch an den Innenwänden des Troges. Somit war die seltene Chance vorhanden, auftretende Deformationen im belasteten und im unbelasteten Zustand innerhalb kurzer Zeit erfassen zu können.

In Zusammenarbeit zwischen dem damaligen Fachbereich Vermessungswesen/Kartographie (heute Fakultät Geoinformation) der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden und der Fa. GeoSurvey GmbH, Niederlassung Leipzig entstand die Idee, das Bauwerk mittels Laserscanning zu erfassen, einerseits für den Nachweis vermutlich auftretender Deformationen sowie andererseits für eine Bauwerksdokumentation. Zum Einsatz kamen dabei im Rahmen von zwei Diplomarbeiten eine Trimble® VX™ Spatial Station und ein Trimble® GX 3D-Scanner. An dieser Stelle wird überwiegend auf die Ergebnisse der Untersuchungen mit der Trimble® VX™ Spatial Station eingegangen.

2. Kurzvorstellung des Bauwerks

Politisches Ziel des Verkehrsprojekts Nr. 17 im Rahmen der „Verkehrsprojekte Deutsche Einheit“ war die Schaffung einer leistungsfähigen Wasserstraße Hannover – Magdeburg – Berlin. Als Kernstück des Vorhabens kann der Ausbau des Wasserstraßenkreuzes Magdeburg und dabei im Besonderen der Bau einer Kanalbrücke über die Elbe als direkte Verbindung von Mittellandkanal und Elbe-Havel-Kanal bezeichnet werden.

Entstanden ist die längste Kanalbrücke der Welt. Sie ist insgesamt 918 m lang und besteht aus der 238 m langen Strombrücke (Trogbrücke) auf der Ostseite und der 680 m langen Vorlandbrücke auf der Westseite. Von der 42 m breiten Kanalbrücke sind 32 m für die Schifffahrt nutzbar. Das Fassungsvermögen des Trogs beträgt ca. 31 000 m³ bei einer Wassertiefe von 4,25 m. Die Trogbrücke wird



Abb. 1: Trogbrücke im entleerten Zustand

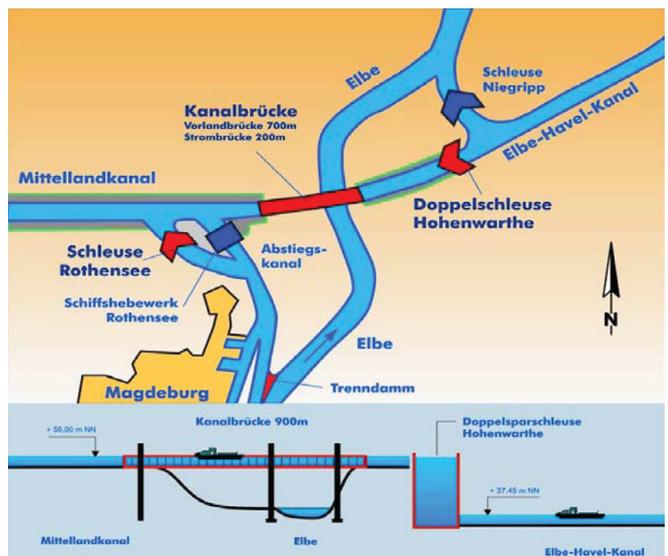


Abb. 2: Lage der Kanalbrücke im Wasserstraßenkreuz Magdeburg

in drei Felder unterteilt, wobei die beiden äußeren Felder 57,10 m breit sind und das mittlere Feld eine Stützweite von 106,20 m aufweist.

Im Folgenden wird ausschließlich auf die 238 m lange Trogbrücke eingegangen.



Abb. 3: Kanalbrücke – Ansicht Südwest

3. Planung und Durchführung der Messungen

Die Erfassung der Trogbrücke unter zwei verschiedenen Lastzuständen sollte vergleichend mit Laserscanning und mit einem scannenden tachymetrischen Verfahren erfolgen. Das für das letztgenannte Verfahren gewählte Instrument Trimble® VX™ Spatial Station ist ein Tachymeter mit integrierter Scanning – und Videofunktion und deshalb dafür geeignet. Die folgenden Ausführungen beziehen sich ausschließlich auf die erreichten Ergebnisse mit diesem Verfahren. Die technischen Spezifikationen des genannten Tachymeters sind hinreichend bekannt und sollen deshalb hier nicht weiter betrachtet werden.

Nach den geltenden Richtlinien der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (kurz WSV) bestehen die Aufgaben der Ingenieurvermessung an Bauwerken in der Bestandserfassung, der baugemessenen Kontrolle und der Untersuchung der Bauwerksstruktur. Details sind in der entsprechenden Verwaltungsvorschrift (VV-WSV 2602) sowie der „Anleitung zur Aufstellung eines Messprogramms nach WSV-VV 2602“ zu finden. Nach den dort genannten Anforderungen wurden die Messungen anhand der Checkliste geplant. Im vorliegenden Fall war das Messprogramm für eine Null- und eine Folgemessung aufzustellen. Aus praktischen Gründen wurde als Nullmessung der befüllte und als Folgemessung der unbefüllte (entleerte) Trog gewählt. Als geodätische Grundlage stand das Festpunktfeld der Wasserstraßen-Neubauamts Magdeburg (WMA MD) an der Kanalbrücke zur Verfügung.

Weiterhin waren die aufzunehmenden, für den Betreiber wichtigen Details des Bauwerks abzuklären, um auf dieser

Grundlage das Messprogramm erstellen zu können. Die Standpunktplanung setzte eine Genauigkeitsvorbetrachtung voraus, im deren Ergebnis eine Gesamt σ_G von 5,3 mm im DR-Modus (bis max. 300 m Entfernung) ermittelt wurde. Ferner musste die Strahldivergenz (4 cm in horizontaler und 8 cm in vertikaler Richtung jeweils auf 100 m bezogen) bei der Planung berücksichtigt werden. Für die Scanconfiguration war für jeden Standpunkt auch das Scanraster festzulegen (im Nahbereich: 50 × 50 cm bzw. sonst 30 × 30 cm), hier wurden Empfehlungen der Fa. Trimble verwendet.

Fehler bei Scannen werden durch verschiedene Einflüsse hervorgerufen (wie z.B. Auftreffwinkel, Rauigkeit der Oberfläche, Dunst). Das kann u.U. den Zeitbedarf für einzelne Messungen erhöhen.

Letztlich musste nach der genannten Anleitung noch die Art der Darstellung der Messergebnisse festgelegt werden.

Für die Null- und die Folgemessung der Trogbrücke wurden jeweils 2 Messungstage benötigt, bei der Folgemessung waren zusätzlich die Troginnenseiten und der Trogboden zu erfassen.

4. Auswertung

Für die Ableitung von Deformationen wurden Flächen der Trogbrücke untersucht. Diese wurden durch Vermaschung der Punktwolken aus der Null- und der Folgemessung von folgenden Bauwerksteilen erzeugt: Tragwerksunterseite, Tragswerksseite, Tragswerksverkleidung mit Gelände und für beide Betriebswege. Dabei diente die Nullmes-

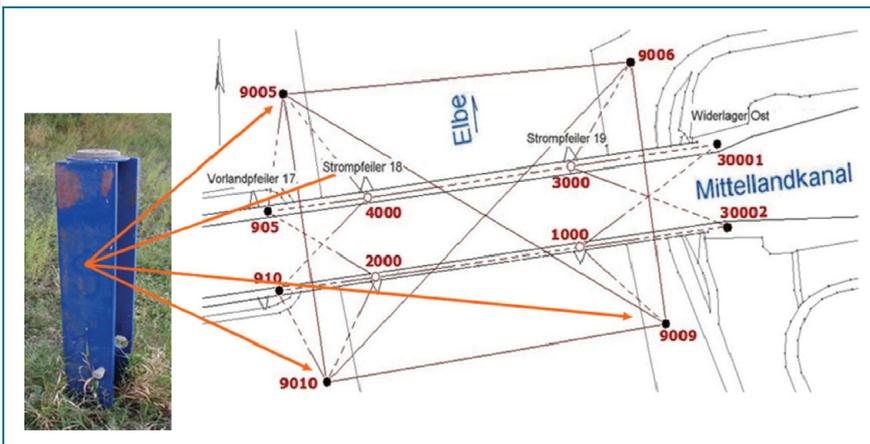


Abb. 4: Punktvermarkung und Lagefestpunktfeld des WNA Magdeburg

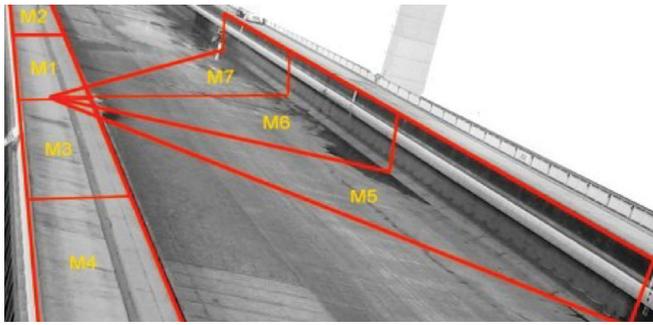


Abb. 5: Standpunktplanung mit Scanbereichen



Abb. 6: Messsignalverhalten auf schwarzer Oberfläche



Abb. 7: Freier Verknüpfungspunkt mit Kugel als Zielzeichen



Abb. 8: Trimble VX Spatial Station im Einsatz auf der geleerten Trogbücke

sung als Referenz- und die Folgemessung als Vergleichsfläche, zusätzlich erfolgte noch ein Vergleich beider Messungen mit einer Regelfläche. Die Differenzen wurden durch eine Differenzplananalyse abgeleitet und farbkodiert (Abb. 10) bzw. durch Isolinien (Abb. 11) dargestellt. Die größte Abweichung (Aufwölbung von 250 mm) war in der Mitte des Trogbodens zu verzeichnen und in der Aufwölbung des Geländers am Betriebsweg deutlich zu sehen (Abb. 9).

Die Untersuchungen beziehen sich dabei auf Deformationen in z-Richtung (Höhe) und in y-Richtung (quer zur Bauwerkslängsachse). Signifikante Aussagen waren vor allem am Tragwerk (Unterseite sowie Seitenflächen) zu erwarten, was durch die Auswertung bestätigt wurde.

Folgende maximale Deformationen konnten z.B. an der Tragwerksunterseite nachgewiesen werden: + 272 mm und - 89 mm.

Desweiteren wurde ein 3D-Modell des Bauwerks erstellt (Abb. 12). Durch die Texturierung des Drahtmodells (fotorealistische Darstellung) konnten so wichtige Informationen für die Bauwerksinspektion (Abb. 13) gewonnen werden.

Einzigartige Präzision



Leica Prismen garantieren höchste Ziel- und Streckenmessgenauigkeit. Die optisch-mechanische Fertigung der Präzisionsprismen mit **0,3mm Zentriergenauigkeit** liefert höchste Koordinatengenauigkeit.

www.leica-geosystems.de

when it has to be right

Leica
Geosystems



Abb. 9: Deutlich ist am Geländer die Aufwölbung der Brücke von max. 250 mm durch die fehlende Wasserlast zu erkennen

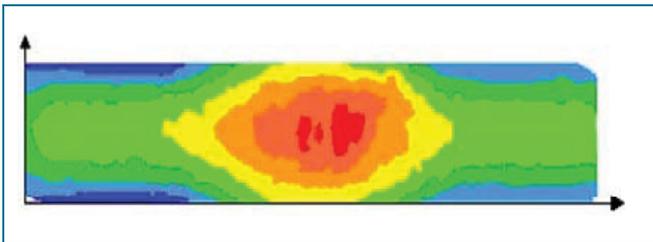


Abb. 10: Differenzplananalyse der Tragwerksunterseite (Trogboden) – farbkodierte Darstellung



Abb. 11 neu: Differenzplananalyse der Tragwerksunterseite (Trogboden) – Isoliniendarstellung

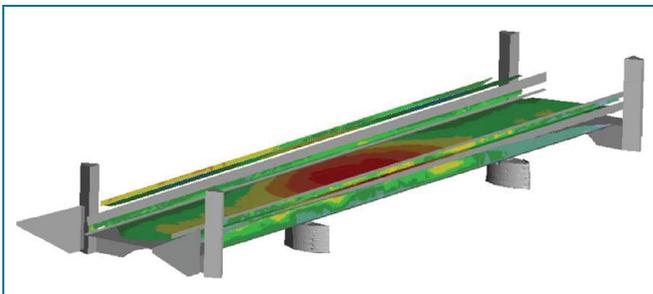


Abb. 12: CAD – Modell der Strombrücke mit Verwendung der colorierten Vermaschung zur Texturierung der Flächen



Abb. 13: Beispiel für die Lokalisierung einer möglichen Schadstelle

5. Fazit

Die Erfassung solches eines komplexen Bauwerks mit der Trimble VX Spatial Station bietet Vorteile, die Messung kann als sog. Ein-Mann-Technologie erfolgen. Die Scan- und Videofunktion gestattet ein effektives Arbeiten. Für künftige Erfassungen ähnlich großer Bauwerke wurde ein nachvollziehbarer Workflow erarbeitet.

Mit den gewonnenen Informationen konnten die erwarteten Deformationen abgeleitet werden. Ferner erfolgte die dreidimensionale Darstellung des Bauwerks, was aber sehr zeitaufwändig war. Das dabei erzeugte Modell des Trogs kann für Inspektionszwecke verwendet werden.

Die Vorzüge der Trimble VX Spatial Station kommen mehr in der Bauwerksdokumentation als im Scannen großer Bauwerke und Anlagen zum Tragen. Trotzdem ist die Scanfunktion vorteilhaft für die Bauwerksvermessung und die Aufnahme und Darstellung von Bauwerksteilen, wo der Einsatz eines 3D-Scanners nicht wirtschaftlich ist.

Literatur:

- [1] KÄSCHE, R.: Bauwerksinspektion und -dokumentation an einer Trogbücke mit der Trimble VX Station. Diplomarbeit, Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH), 2008
- [2] WIESENHÜTTER, M.: Terrestrisches Laserscanning mit einem Trimble GX 3D-Laserscanner für Bauwerksinspektionen am Beispiel einer Trogbücke. Diplomarbeit, Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH), 2008
- [3] Wasserstraßen-Neubauamt Magdeburg, A. PETTER und B. RESNIK: Monitoring von großen Bauwerken am Beispiel einer Kanalbrücke, Vortrag. 2009
- [4] Verwaltungsvorschrift der Wasser und Schifffahrtsverwaltung des Bundes: Ingenieurvermessung im Bauwesen, VV-WSV 2602, 2007
- [5] Verwaltungsvorschrift der Wasser und Schifffahrtsverwaltung des Bundes: Anleitung zur Aufstellung eines Messprogramms nach der VV-WSV 2602, 2007

Abbildungsnachweise:

Käsche, R.: Bauwerksinspektion und -dokumentation an einer Trogbücke mit der Trimble VX Station. Diplomarbeit, Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH), 2008: Abb. 4, 5, 6, 10, 11, 12 und 13

Wasserstraßen-Neubauamt Magdeburg, A. PETTER: Abb. 2 und 3

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, J. ZIMMERMANN: Abb. 1, 7, 8 und 9

Anschrift des Autors:

Prof. Dr.-Ing. JÖRG ZIMMERMANN, HTW Dresden, Fakultät Geoinformation, Friedrich-List-Platz 1, 01069 Dresden, E-Mail: zimmermann@htw-dresden.de