



**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**

FAKULTÄT BAUINGENIEURWESEN

Schriftenreihe
Konstruktiver Ingenieurbau Dresden
Heft 48



Manfred Curbach, Heinz Opitz,
Silke Scheerer, Torsten Hampel (Hrsg.)

**10. SYMPOSIUM
EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN
VON BAUKONSTRUKTIONEN**

11. März 2019

Herausgeber der Reihe

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach
apl. Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Graf
Prof. Dr.-Ing. Peer Haller
Prof. Dr.-Ing. habil. Ulrich Häußler-Combe
Prof. Dr.-Ing. habil. Michael Kaliske
Prof. Dr.-Ing. Viktor Mechtcherine
Prof. Dr.-Ing. Richard Stroetmann
Prof. Dr.-Ing. Bernhard Weller

Institut für Massivbau
Technische Universität Dresden

D - 01062 Dresden

Tel.: +49 351 463-3 65 68
Fax: +49 351 463-3 72 89

Titelbild:

Belastungsrahmen für die Prüfung von Geschossdecken im Jugendstil-Kaufhaus
Görlitz (Foto: Oliver Mosig, s. Beitrag Mosig et al. in diesem Tagungsband)

Redaktion und Layout: Silke Scheerer
Korrekturen: Petra Kahle, Angela Heller
Umschlag und Druckvorbereitung: Stefan Gröschel
Für die Inhalte der Beiträge sind die Autor*innen verantwortlich.

Druck: addprint AG · Am Spitzberg 8a · 01728 Bannewitz
Veröffentlicht: Dresden, März 2019

Der Tagungsband ist open access auf der Homepage des Instituts für Massivbau verfügbar (<https://tu-dresden.de/bu/bauingenieurwesen/imb/das-institut/veranstaltungen/SEUB>).

ISSN: 1613-6934
ISBN: 978-3-86780-583-4

Inhalt

Vorwort	7
Steffen Marx, Jürgen Grünberg, Gregor Schacht Sicherheitskonzept für Belastungsversuche	9
Mai Häßler Experimentelle Bestimmung des Beanspruchungszustands in fachwerkartigen Eisen- und Stahltragwerken mit Hilfe von Schwingungsmessungen	23
Thilo Fröhlich, Veit Birtel, Dieter Lotze Zyklische Prüfung von Befestigungen in Beton mittels Schwingungsanregung	33
Oliver Mosig, Sabine Wellner, Jörg Rudolph Belastungsprüfung der Geschosdecken im Jugendstil-Kaufhaus Görlitz	45
Volker Wetzck, Claudia Pahlow Das Potenzial von Miniatur-Druckproben für die Werkstoffcharakterisierung von Stahlguss	59
Kerstin Speck, Fritz Vogdt, Manfred Curbach, Yuri Petryna Faseroptische Sensoren zur kontinuierlichen Dehnungsmessung im Beton	71
Jens Heinrich, Reinhard Maurer Rissmonitoring zur Untersuchung der Ermüdungsfestigkeit an bestehenden Brückenbauwerken	83
Max Käding, Gregor Schacht, Guido Bolle, Steffen Marx Überwachung von Brücken mit Gefährdung durch Spannungsrissskorrosion	97
Florian Schill, Milo Hirsch, Andreas Eichhorn Überwachung von Tragwerken mit Profilsclannern	109
Jörg Scheithauer, Chris Hobusch, Falk Steinigk, Torsten Hillig, Matthias Schramm UAV und BIM – neue Herausforderungen an die Bauüberwachung bei Infrastrukturmaßnahmen an Eisenbahnbrücken der Deutschen Bahn	123
Nico Steffens, Kay Degenhardt, Karsten Geißler Modifiziertes Ziellastniveau bei Straßenbrücken durch Bauwerksmonitoring	135
Marc Gutermann, Werner Malgut, Carsten Böhme Experimenteller Nachweis von Straßenbrücken kleiner Stützweite am Beispiel von Wegebrücken in der Eilenriede, Hannover	147
Oliver Fischer, Sebastian Gehrlein Weggesteuerte In-situ-Querkraftversuche (bis in den Nachbruchbereich) und innovative Messtechnik an einer 60 Jahre alten 7-feldrigen Spannbetonbrücke ...	161

UAV und BIM – neue Herausforderungen an die Bauüberwachung bei Infrastrukturmaßnahmen an Eisenbahnbrücken der Deutschen Bahn

Jörg Scheithauer¹, Chris Hobusch², Falk Steinigk²,
Torsten Hillig², Matthias Schramm²

Kurzfassung. Baumaßnahmen an der Eisenbahninfrastruktur unter Aufrechterhaltung des Zugverkehrs stellen höchste Anforderungen an die planenden und realisierenden Akteure. Brückenbauwerke sind im Kontext zu den korrespondierenden Damm-, Gleis- und Oberleitungsanlagen zu sehen. Entsprechend anspruchsvoll sind die Tätigkeiten der Bauüberwachung als Bindeglied zwischen Bau- und Bahnbetrieb.

Im Beitrag werden Ansätze und erste Erfahrungen aus der Baupraxis einer drohnengestützten baubegleitenden Überwachung des Baufortschrittes (Soll-Ist-Vergleich), der Baudokumentation, Zustandsfeststellung und Mengenüberprüfung bis hin zum Datenraummanagement präsentiert. Ein Fokus liegt auf der photogrammetrischen Dokumentation und Quantifizierung des ungestörten und gestörten Bauablaufes sowie von Bausoll und Vertragsabweichungen.

Das Spektrum der besonderen Herausforderungen reicht von Flugplanung und Flugdurchführung unter Eisenbahnbedingungen bis hin zu Georeferenzierung und Validierung des digitalen Modells. Ferner wird die Relation zwischen digitalem Bauen 4.0, der Spezifik Eisenbahn und dem Leistungsbild Bauüberwachung Bahn beleuchtet.

1 Einleitung und Motivation

Über 25000 Eisenbahnbrücken werden in Deutschland durch die Deutsche Bahn, genauer gesagt durch die DB Netz AG, unterhalten. Im Zeitraum von 2015 bis 2019 wurde und wird an etwa 1000 Brücken gebaut. Insgesamt stehen 28 Milliarden Euro für die Sanierung von Eisenbahninfrastruktur im Rahmen des größten Modernisierungsprogramms in der DB-Geschichte zur Verfügung [1]. Um die mit Planung, Bauprozess und Eisenbahnbetrieb einhergehenden Herausforderungen meistern zu können, werden einzelne Baumaßnahmen

¹ Dr., DB Engineering & Consulting GmbH, Bauüberwachung Region Deutschland Südost

² DB Engineering & Consulting GmbH, Bauüberwachung Region Deutschland Südost

zu Paketen gebündelt. Daraus sind Kosteneinsparungen, verminderte Beeinträchtigungen von Kunden und die Beschleunigung von Verfahren und Abläufen zu erwarten.

Planung, Bau und Instandhaltung von Eisenbahnbrücken sind in DB-eigenen Regelwerken festgeschrieben [2]. Die betreffende Richtlinie (Ril) 804 setzt sich aus zahlreichen Modulen zusammen und ist über 700 Seiten umfangreich. In Zusammenhang mit Brückenbaumaßnahmen findet meist auch die Ertüchtigung der umliegenden Bahnanlagen statt. Das umfasst Arbeiten vom Tiefbau mit Erdarbeiten über Oberbau bzw. Fahrbahn bis hin zu den Anlagen der Telekommunikation, Oberleitung sowie Leit- und Sicherungstechnik. Alle Maßnahmen in diesen Gewerken sind in eigenen Richtlinien verankert. Hinzu kommen Regelungen zur Aufrechterhaltung des Eisenbahnbetriebes während der Bauausführung – dem sogenannten Bauen unter dem rollenden Rad. Hierbei stehen die Aspekte der Sicherheit von Baustelle und Bahnbetrieb an oberster Stelle.

Die Bauüberwachung von Eisenbahninfrastrukturmaßnahmen untersteht den Regularien des Eisenbahnbundesamtes (EBA). Die Bauüberwacher Bahn, kurz BÜB, nehmen Aufgaben und Pflichten wahr, die über das Leistungsbild der HOAI deutlich hinausgehen. Neben den Tätigkeiten der Objektüberwachung sind es die eisenbahnbetrieblichen Belange, die mit einer fachlich umfangreichen, mehrjährigen Ausbildung zum BÜB und spezieller EBA-Zertifizierung einhergehen. Sämtliche Voraussetzungen, Ansprüche und Tätigkeiten sind ebenfalls in einer DB-Richtlinie und in den Verwaltungsvorschriften des EBA bzw. der Verordnung über die Erteilung von Inbetriebnahmegenehmigungen für das Eisenbahnsystem (EIGV) fixiert [3].

Zur Schnittmenge dieser strengen Vorgaben und dem gewaltigen Umfang zu überwachender Bauvorhaben kommt die Einführung digitaler Methoden wie *Building Information Modeling* (BIM). Mit den Erkenntnissen aus dem Schlussbericht der „Reformkommission Bau von Großprojekten“ des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) begann das digitale Planen und Bauen 4.0 auch für Eisenbahninfrastrukturmaßnahmen [4]. In den DB-eigenen Vorgaben zur Anwendung der BIM-Methodik werden sehr ausführlich Grundsätze, Einführungsprozesse und Strukturen definiert, um Qualität und Effizienz im Planungs- und Bauprozess zu verbessern [5]. Aktuell befindet sich die Bauüberwachung in der Einführungsphase einer digitalen Baudokumentation mit verknüpften Daten und Bildinformationen.

Im Beitrag wird demonstriert, wie kamerabestückte Drohnen bzw. UAV (*unmanned aerial vehicle*) die Arbeit der BÜB unterstützen können. Aufbauend auf den theoretischen, rechtlichen und wirtschaftlichen Grundlagen zum Einsatz unbemannter Flugsysteme im Brückenbau [6] werden durch Befliegungen von DB-Anlagen die Verfahren der photogrammetrischen Datenerfassung auf ihre praktische Eignung hinsichtlich der verschiedenen Methoden der Bauüberwachung mit Schwerpunkt Eisenbahnbrücken analysiert [7]. Mittels Luftbildauswertung und Erzeugung von digitalen Oberflächenmodellen (DOM) wird aufgezeigt, welchen Mehrwert ein Drohneneinsatz für die Bauüberwachung im System Bahn haben kann [8].

2 Untersuchungsansatz

Vergleichend werden zwei sehr unterschiedliche Brückenbauwerke der DB betrachtet: eine relativ kleine und „normale“ Eisenbahnüberführung (EÜ) in der Nähe von Dresden und die berühmte Göltzschtalbrücke im Vogtland.

Erstgenannte wird seit Frühjahr 2018 unter typischen Eisenbahnbedingungen, wie benachbartem Betriebsgleis und eingeschalteter Oberleitung, in mehreren Bauphasen zurück- und neugebaut. Zur Aufrechterhaltung des Eisenbahnbetriebes wurde an der Bestands-EÜ ein Verbau mit 10 Metern Abgrabetiefe hergestellt. Daneben entsteht zunächst das erste von zwei einzelnen Bauwerken als tiefgegründetes Rahmenbauwerk in Stahlbetonbauweise mit einer lichten Weite von knapp 21 Metern. Im nächsten Bauabschnitt wird das zweite Bauwerk, baulich getrennt durch einen 1 Meter breiten Lichtschacht, mit dreigleisigem Überbau errichtet. Gemäß Entwurf ist die Ausführung als schiefe Korbbogenbrücke geplant. Aufgrund der neuen Gleisgeometrie wird die EÜ etwa 11 Meter breiter als der Bestand und überführt zukünftig die vier Streckengleise der Ausbaustrecke Leipzig–Dresden und der Strecke Dresden–Elsterwerda über die Staatsstraße S 82 und ein Straßenbahngleis. Die Baumaßnahme steht in Zusammenhang mit einer Geschwindigkeitserhöhung und damit erforderlichen Änderungen der Gleistrassierung und Weichenformen sowie einer Dammverbreiterung mit Stützwänden (Bild 1).

Im Sinne eines Monitorings werden Befliegungen hier in etwa wöchentlich durchgeführt. Als Steuerungssoftware wird Pix4D Capture verwendet und basierend auf *open street maps* die Flugplanung realisiert [9]. Dabei wird das gesamte gerade „aktive“ Baufeld einschließlich der EÜ erfasst. Während anfangs mit einer großen Drohne vom Typ DJI Inspire 2 mit dem Kamerasystem Zenmuse X5S befliegen wurde, welche nur mit Kenntnissnachweis für Drohnen gesteuert werden darf, wurde im Laufe der baubegleitenden Überwachung auf die deutlich kleinere DJI Mavic Pro mit Standardkamera umgestellt. Mit der Verwendung von unterschiedlichen Flugparametern (bspw. Flugmodus) sollte am konkreten Praxisbeispiel die Aussagekraft der Luftbilder und letztendlich des DOM für die Bauüberwachungsaufgaben verglichen werden [10], [11].

Die Göltzschtalbrücke wurde wegen ihrer räumlichen Ausdehnung und besonderen Architektur als Spezial- bzw. Extremfall für eine Überprüfung der Eignung von Drohnentechnik für die Bauüberwachung zweimal mit der DJI Inspire 2 befliegen (Bild 2).

Die Verarbeitung der Drohnen- und Daten wurde ebenfalls mit der kommerziell erhältlichen Software Pix4D Mapper und Desktop durchgeführt. Grundlage der Auswertung sind die Methoden der Photogrammetrie, indem Form und Lage von Objekten aus den Bildern rekonstruiert und Maßzahlen, Zeichnungen, geometrische und texturierte Modelle generiert werden [12]. Das hier betrachtete Modell ist wie eingangs angesprochen das digitale Oberflächenmodell (DOM, auch *Digital Surface Model* – DSM), woraus über eine dichte Punktwolke und durch Vermaschung (*Mesh*-Modell) die Volumenbestimmung erfolgen kann. Sämtliche Informationen sind über eine Cloud von überall erreichbar.

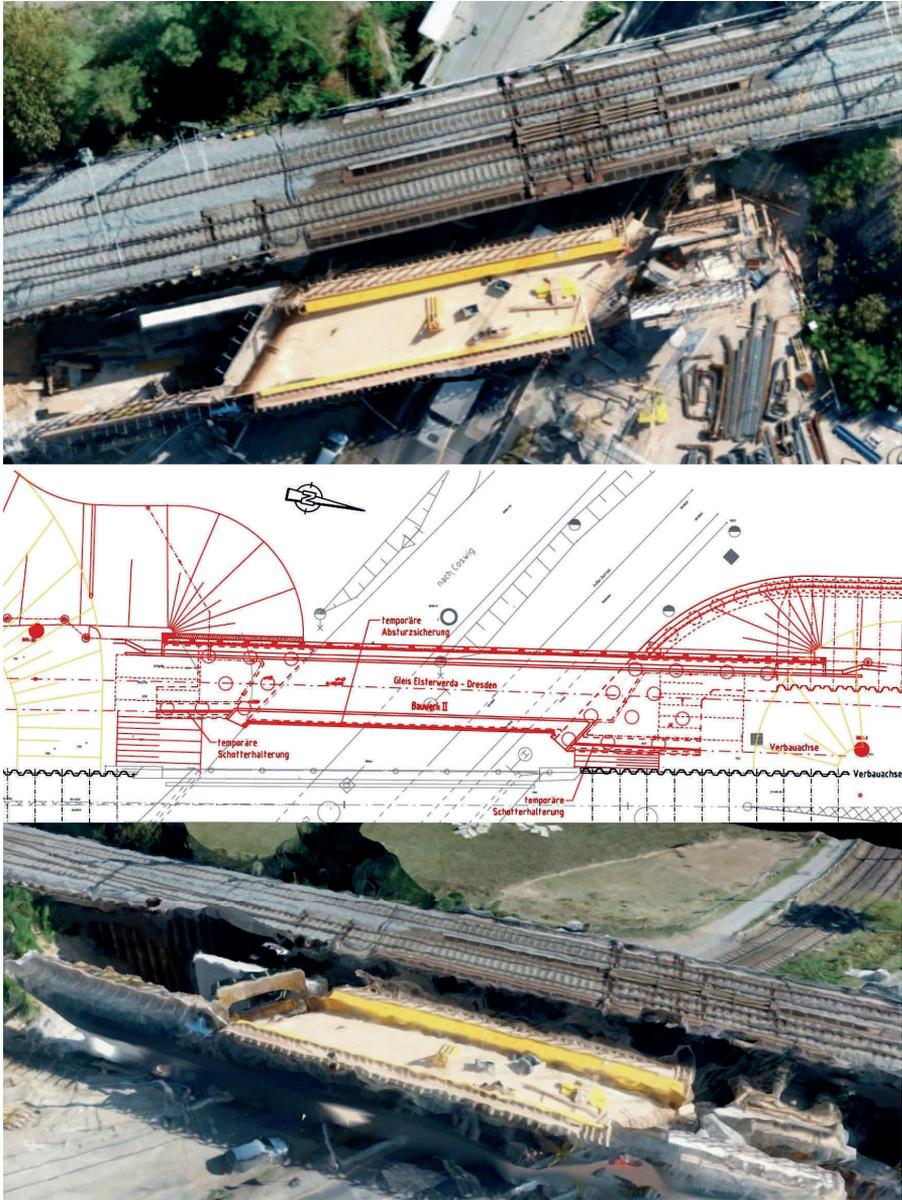


Bild 1 Eisenbahnüberführung (EÜ) bei Dresden, von oben nach unten: Orthomosaik, Ingenieurbautechnologieplan und Mesh-Modell

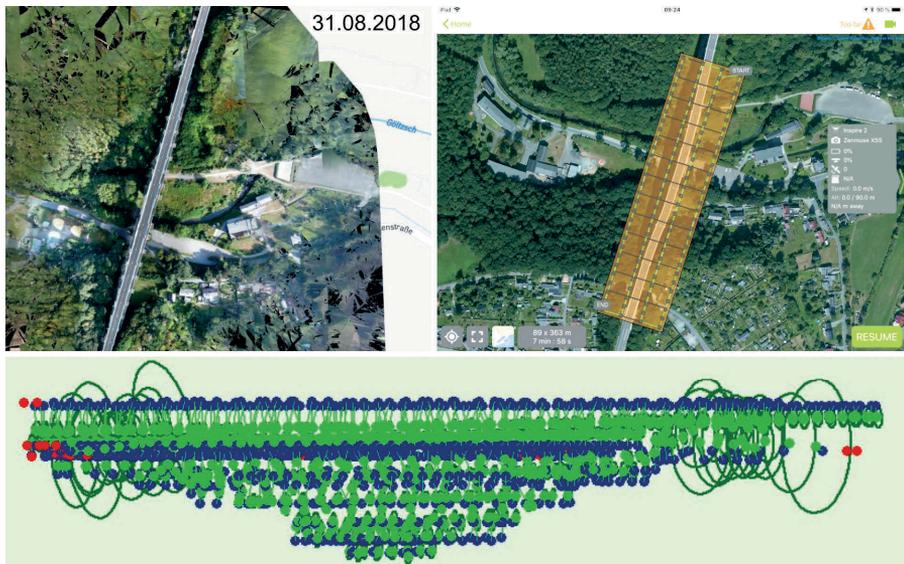


Bild 2 Orthomosaik, Flugplan und Bildpositionen der Göltzschtalbrücke

Um die Befliegungen der EÜ zu unterschiedlichen Zeitpunkten vergleichen zu können, wurden Festpunkte im oder direkt neben dem Baufeld definiert, welche während der gesamten Bauzeit erhalten bleiben und natürlich bei jeder Befliegung sichtbar sein müssen. Diese Punkte sind für die Georeferenzierung, also die Verortung der Luftbilder bzw. des Orthomosaiks und letztendlich des DOM im geographischen Raum, unerlässlich. Verwendet werden können geographische Koordinaten, die von der Bestandsvermessung der Deutschen Bahn stammen und ein eigenes Bezugssystem haben oder mittels GPS (*Global Positioning System*) selbst eingemessen werden. Die Alternative stellen fiktive Punkte, sogenannte *Tie Points*, wie bspw. Schachtdeckel, Mastfundamente oder Weichenbauteile dar. Damit wäre die Punktwolke auch ohne geographisches Bezugssystem vergleichbar.

3 Dokumentation und Überwachung des Baufortschrittes

Die Baudokumentation als Form der Beweissicherung ist eine zentrale Aufgabe der Bauüberwachung. Traditionell gehören hierzu die Dokumentation mit Fotos vom überwachten Objekt und Eintragungen im inzwischen elektronischen Bautagebuch zu Eckdaten und Besonderheiten des Bauablaufs. Der Betrachtungswinkel und die dadurch gewonnenen Sachinformationen und fotografischen Aufnahmen hängen von den örtlichen Bedingungen der Brückenbaustelle ab (Bild 3).



Bild 3 Foto aus herkömmlicher Perspektive, Modell bzw. Punktwolke mit Zeitachse in der Pix4D-Cloud und Luftbild vom Widerlager Süd der EÜ bei Dresden

Im vorliegenden Fall der EÜ bei Dresden wurde eine Befliegung vor Beginn der Arbeiten am Ingenieurbauwerk und danach in ein- bis zweiwöchentlichem Rhythmus baubegleitend durchgeführt, anfangs durch einen ausgebildeten Drohnenpiloten und später durch die örtlichen BÜB. Aufgrund der Turmdrehkräne wurde eine Flughöhe von 60 Metern gewählt. Um den gesamten Bereich der eisenbahntypischen Linienbaustelle erfassen zu können, erfolgte die Befliegung in einem einfachen Netz (*grid mission*). Der einmal erstellte Flugplan wurde und wird bei jedem inklusive Vor- und Nachbereitung knapp eine Stunde dauernden Einsatz abgearbeitet. Zu den begleitenden Tätigkeiten gehört unter anderem die An- und Abmeldung der Befliegung im benachbarten Krankenhaus wegen eventueller Helikopterlandungen. Die Drohne überflog jeweils eine Fläche von ca. 0,12–0,25 km² und machte zwischen 300 und 450 Orthofotos, bei der Erstbefliegung sogar 946. Auf die EÜ entfielen über 20 Aufnahmen. Das Berechnen der Punktwolken mit 300–600 Punkten pro m³, DOM und Orthomosaik mit einer Auflösung von 0,8 bis 2,2 cm/Pixel dauerte zwischen 30 und 100 Minuten. Alle Bilder und Daten einschließlich eines Qualitätsberichtes mit den genannten Drohnen-, Kamera- und Modellparametern sind in der Pix4D-Cloud, den einzelnen Befliegungsterminen zugeordnet, abgelegt.

Die Befliegungen haben unabhängig vom eingesetzten Drohrentyp die Perspektive auf das Bauwerk grundlegend verändert und damit die visuelle Erfassung des Baufortschrittes verbessert (Bild 3). Durch die Vogelperspektive ist eine größere Übersicht der gesamten Baustelle gegeben. Mit denselben Befliegungsdaten können zudem Soll-Ist-Vergleiche hinsichtlich Vertragsabweichungen und Mengenüberprüfungen, bspw. für die Abrechnung von Bauleistungen, durchgeführt werden. Mit dem Importieren von Unterlagen der Ausschreibungs- und Ausführungsplanung in Pix4D und deren transparenter Darstellung im georeferenzierten Orthomosaik lassen sich durch einfache Inaugenscheinnahme der Baufortschritt, geänderte und zusätzliche Leistungen oder unter Anwendung der softwareseitig angebotenen Messtools überschlägig Längen und Flächen im Modell auch in Schräglage ermitteln (Bild 4). Ein weiterer entscheidender Vorteil liegt auf der Hand: Die Bauüberwachung kann Informationen ohne direkten Aufenthalt am Betriebsgleis oder im Arbeitsbereich der Baumaschinen sammeln.

Ferner sollte überprüft werden, inwieweit mit den Befliegungsdaten das Volumen an Bauteilen der EÜ ermittelt werden kann. Während bisher entweder auf Vermessungsdaten des Auftragnehmers bzw. Dritter oder auf Abrechnungszeichnungen und örtliche Aufmaße mit



Bild 4 Orthomosaik unterschiedlicher Befliegungen mit hinterlegtem Planauszug am Widerlager Nord der EÜ

Längen, Höhen und Breiten zurückgegriffen werden musste, die sich vor Ort nur bedingt nachprüfen ließen, können Volumenkörper theoretisch sehr exakt aus Punktwolke und DOM berechnet werden. Für die Volumenermittlung gibt es in Pix4D ein spezielles Werkzeug.

Für den Bereich der Hinterfüllungen aus den in den Bildern 3 und 4 dargestellten, alten Widerlagern konnte beispielhaft bilanziert werden, dass die ausgebauten Mengen mit denen auf Haufwerken zwischengelagerten unter Berücksichtigung der dichten und losen Lagerung im Großen und Ganzen übereinstimmen. Die drohngestützte Überwachung bewegter Volumina im Baufortschritt von Eisenbahninfrastrukturmaßnahmen wurde in einer Masterarbeit untersucht [13]. Die Ergebnisse sind vielversprechend.

Schwieriger als bei Erdbauwerken gestaltete sich die Volumenbestimmung im konstruktiven Ingenieurbau, sprich an der EÜ. Hier ist davon auszugehen, dass das Modell eine höher aufgelöste Georeferenzierung auf Grundlage von Absteckungen und Höhenmarken am Bauwerk benötigt, die zum Zeitpunkt der Untersuchungen noch nicht hinreichend implementiert werden konnten. Möglicherweise werden die laufenden Analysen ergeben, dass es bei den Schalungs-, Bewehrungs- und Betonarbeiten auch perspektivisch unverzichtbar ist, eine örtliche Bauüberwachung die Plausibilisierung der Mengen bzw. Volumina mit Ausführungsplänen und Lieferscheinen vornehmen zu lassen.

4 Zustandsfeststellung und Inspektion

Zahlreiche Brückenbauwerke sind für Überwachungstätigkeiten logistisch nicht leicht zu erreichen, selbst wenn die Brücke im Zuge einer Baumaßnahme eingerüstet ist. Im Spannungsfeld zwischen Geländemorphologie, bspw. bei Überquerung eines tiefen Tales oder großen Gewässers, und Eisenbahnbetrieb mit eingeschalteter Oberleitung sind für Begehungen und Vor-Ort-Untersuchungen besondere Vorsichtsmaßnahmen unter entsprechend hohem zeitlichen, finanziellen und personellen Aufwand erforderlich.

Mit der Befliegung der Göltzschtalbrücke sollte zunächst ermittelt werden, welche flugspezifischen Herausforderungen einen erfahrenen Drohnenpiloten aufgrund der Dimension des Bauwerkes erwarten. Da von der 78 Meter hohen Eisenbahnbrücke vor allem die Gewölbe und das Ziegelmauerwerk untersucht werden sollten, musste der Flugplan mehrfach modifiziert werden. Letztendlich wurde in vier Ebenen geflogen (s. Bild 2), was über eine Stunde dauerte. Eine zweite Befliegung wurde durchgeführt, da das Kalibrierungsergebnis des ersten Einsatzes zunächst nicht zufriedenstellend war.

Des Weiteren galt es herauszufinden, welcher rechentechnische Aufwand nötig ist, um die Daten aufzubereiten und Punktwolke, DOM und Orthomosaik zu berechnen. Die gesamte Prozedur dauerte in Pix4D jeweils über 4,5 Stunden. 950 kalibrierte Orthofotos wurden verarbeitet, aufgenommen nicht wie üblich als Nadir-Flug (Senkrechtmessung), sondern in einem Winkel von 70°, um das Bauwerk insbesondere seitlich zu erfassen. Die Punktwolke hat eine Dichte von 430 Punkten/m³ mit insgesamt über 80 Millionen verdichteten

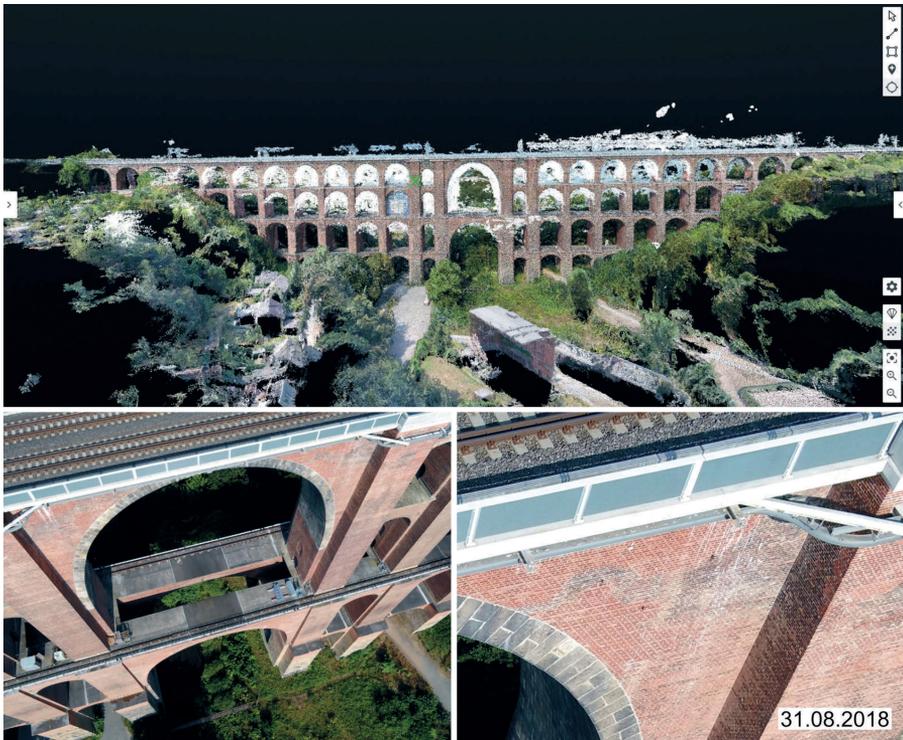


Bild 5 Modell (oben) und Luftbildaufnahme inkl. Vergrößerungen (unten) von der Göltzschtalbrücke

3D-Punkten und einer Auflösung von 1,8 cm/Pixel. Einen hohen zusätzlichen Nachbereitungsaufwand verursachte die Beseitigung des Rauschens (Bild 5), welches durch die Lichtverhältnisse in den oberen Gewölbebögen hervorgerufen wurde.

Schließlich fokussiert die Analyse der Luftbilder deren Aussagekraft und Eignung für Inspektionen, bspw. von Gewölbebrücken aus Naturstein- bzw. Ziegelmauerwerk, und soll einen Ausblick auf die Anwendbarkeit für andere Brückenbauwerke geben. Hierfür wird in Anlehnung an die photogrammetrischen Untersuchungen zu Schäden an Windkraftanlagen [14] an Verfahren und Algorithmen zur zumindest teilautomatisierten Bildauswertung gearbeitet, um eventuelle Bauwerksschäden zu detektieren (Bild 5). Ferner werden Tests mit einer Thermalbildkamera durchgeführt, da mittels Infrarot-Thermographie an der Oberfläche nicht sichtbare Mängel aufgedeckt werden können [15].

In dieser Themenkategorie ist abschließend auch die baubegleitende Feststellung von Teilen des Bauwerkes, die im Laufe der Bauausführung überbaut werden und im Nachgang nicht mehr überprüft werden können, entsprechend VOB/B zu nennen. Ähnlich der

genannten Untersuchung von Bauwerksschäden besteht auf diesem Gebiet noch Entwicklungsbedarf, um aus Orthofotos und DOM von regelmäßigen Befliegungen diejenigen Informationen generieren zu können, welche hinreichende Sachinformationen der örtlichen Bauüberwachung liefern.

5 Schlussfolgerungen und Ausblick

Der regelmäßige Drohneneinsatz stellt ein geeignetes Instrument für die Dokumentation und Überwachung des Baufortschrittes auch an Eisenbahnbrücken im Sinne eines Monitorings dar. Gerade mit kleineren Drohnen, welche ohne Drohnenführerschein geflogen werden dürfen, kann in kurzen Intervallen ein wertvoller Überblick vom einzelnen Brückenbauwerk bis hin zum gesamten Baufeld gewonnen werden. Allerdings ersetzt die Bauüberwachung aus der Luft nicht die örtliche Präsenz am Boden bzw. auf dem Bauwerk. Das betrifft speziell Abnahmen und Zustandsfeststellungen.

Ebenfalls Entwicklungspotenzial ist im konstruktiven Ingenieurbau auf den Gebieten der Volumenüberprüfung mit Automatisierung und Rückkopplung zu BIM sowie der Abbildung von ungestörtem und gestörtem Bauablauf zu sehen. Zwar können die drohnengestützten Untersuchungen nicht als Ersatz für Vermessungsleistungen dienen. Jedoch kann durch einzelne, turnusmäßige Befliegungen die Bauwerkssubstanz von großen und schwierig erreichbaren Brückenbauwerken inspiziert werden. Nach Detektion von schadhafte Bereichen können anschließend gezielte Inaugenscheinnahmen vor Ort mit Probennahmen durch bspw. Kernbohrungen für Materialanalysen erfolgen.

Komplizierte Drohneneinsätze sowie Datenspezifika, -menge und -verarbeitungsaufwand machen Experten und entsprechende Drohnen- und leistungsfähige Computertechnik erforderlich. Hinzu kommen Regelungen und Einschränkungen für Drohneneinsatz und Fluggenehmigungsplanung über Bahngelände bzw. generell im urbanen Raum aufgrund von Datenschutzbestimmungen und Befliegungsrechten [6]. Unabhängig davon zeichnet sich mit den vorgestellten ersten Untersuchungen ab, dass der Einsatz der Drohnen signifikant positive Auswirkungen auf die Faktoren Sicherheit, Genauigkeit, Übersicht und Zeitersparnis im Arbeitsalltag der Bauüberwachung Bahn hat.

Literatur

- [1] DB Netze – Brückenportal: <https://bruecken.deutschebahn.com/>
- [2] DB Netz AG: Richtlinie 804 – Eisenbahnbrücken (und sonstige Ingenieurbauwerke) planen, bauen und instand halten. 08/2017
- [3] DB Netz AG: Richtlinie 809 – Infrastruktur- und elektrotechnische Maßnahmen realisieren (planen, durchführen, abnehmen, dokumentieren und abschließen). 03/2017
- [4] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI, Hrsg.): Stufenplan Digitales Planen und Bauen – Einführung moderner, IT-gestützter Prozesse und Technologien bei Planung, Bau und Betrieb von Bauwerken. BMVI, 2015 – download unter: <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/stufenplan-digitales-bauen.html>

- [5] DB Station & Service AG & DB Netz AG: BIM-Vorgaben – BIM-Methodik, Digitales Planen und Bauen. (ohne Datum) – download unter: https://www1.deutschebahn.com/sus-infoplattform/start/Vorgaben-zur-Anwendung-der-BIM-Methodik/Vorgaben_zu_Anwendung_der_BIM-Methodik-1788426
- [6] Otto, J.; Weller, C.: Einsatz unbemannter Flugsysteme im Brückenbau. In: Curbach, M. (Hrsg.): Tagungsband zum 28. Dresdner Brückenbausymposium. 12./13.3.2018 in Dresden, Dresden: Institut für Massivbau der TU Dresden, 2018, S. 87–97 – download unter: https://tu-dresden.de/bu/bauingenieurwesen/imb/das-institut/veranstaltungen/DBBS/28,_DBBS
- [7] Scheithauer, J.; Steinigk, F.; Hillig, T.; Hobusch, C.; Schramm, M.: Bauüberwachung aus der Luft – Einsatz von Drohnen bei Infrastrukturmaßnahmen der Deutschen Bahn – ein Praxistest in Relation zum Leistungsbild des Bauüberwachers (Bahn). EI (2019) (Beitrag angenommen)
- [8] Neumann, S.; Flügel, M.; Holzberg, P.: Flying Surveying – Datenerfassung aus einer anderen Perspektive. EI (2018) 5, S. 38–43
- [9] Homepage Pix4D: <https://pix4d.com>
- [10] DVW – Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement e. V., Arbeitskreis 3 „Messmethoden und Systeme“ (Hrsg.): Unmanned Aerial Vehicles 2017 (UAV 2017). Beiträge zum 156. DVW-Seminar am 9. und 10.2.2017 in Stuttgart, erschienen in: Schriftenreihe des DVW, Bd. 86, 2017
- [11] DVW, Arbeitskreis 3 (Hrsg.): UAV 2018 – Vermessung mit unbemannten Flugsystemen. Beiträge zum 169. DVW-Seminar am 19. und 20.2.2018 in Hamburg, erschienen in: Schriftenreihe des DVW, Bd. 89, 2018
- [12] Kraus, K.: Photogrammetrie. Bd. 1, Berlin – New York: de Gruyter, 2004, 516 S.
- [13] Schramm, M.: Building Information Modeling (BIM) – Volumen und Mengen aus digitalen Geländemodellen (DGM) für die Baufortschrittsdokumentation. Masterarbeit, HTW Dresden, 2018
- [14] Karl, G.; Brunn, A.: Erfassung von äußeren Schäden an Windkraftanlagen. VDV Magazin – Zeitschrift für Geodäsie und Geoinformatik (2016) 1, S. 32–39
- [15] Fouad, N. A.; Richter, T.: Leitfaden Thermografie im Bauwesen – Theorie, Anwendungsgebiete, praktische Umsetzung. Fraunhofer IRB, 2012, 172 S.

Anmerkung: Die Internetquellen wurden letztmalig am 28.9.2018 geprüft.

Bildnachweise

Bild 1, Planauszug	DB Netz AG
Fotos	aufgenommen von Torsten Hillig mit der Drohne der Bauüberwachung Region Südost und von Jörg Scheithauer
Bildmontagen	Jörg Scheithauer

Schriftenreihe Konstruktiver Ingenieurbau Dresden Heft 48

Das 10. Symposium „Experimentelle Untersuchungen von Baukonstruktionen“ fand am 11. März 2019 an der TU Dresden statt. Im vorliegenden Buch sind die schriftlichen Beiträge zusammengestellt.

Das Symposium wurde mit einem Vortrag über Analogieübertragungen und Sicherheitsaspekte bei experimentellen Bauwerksuntersuchungen eröffnet. Zum Thema Messtechnik wurden in diesem Jahr vor allem faseroptische Systeme und deren Anwendung sowie die Möglichkeiten digitaler bildgebender Verfahren diskutiert. Zwei Vortragende stellten Messmethoden vor, die auf Schwingungsanregungen beruhen, einmal zur Bestimmung von Stabkräften und einmal für die Prüfung von Befestigungen. Als Fortsetzung eines Beitrags zum 9. SEUB wurde das Potential von Miniaturproben zur Kennwertermittlung dargelegt.

Berichte über Projekte zur Thematik Bauwerksbeprobung und Monitoring rundeten das Vortragsprogramm ab. Neben einem Beispiel aus dem Hochbau nahmen beim 10. SEUB vor allem Projekte aus dem Brückenbau eine dominierende Rolle ein. Die Spanne reichte von der Anwendung faseroptischer Messmethoden bei 1:1-Versuchen über die realitätsnahe Bestimmung von Ziellastniveaus bis zu In-situ-Tests an Brückenbauwerken.