

# Inspektion, Überwachung und Dokumentation von stahlbaulichen Strukturen

<b>Projektnummer:</b>	<b>IGF-Nr. 19988 BG / FOSTA P 1326</b>
<b>Forschungsvereinigung:</b>	Forschungsvereinigung Stahlanwendung e.V. (FOSTA)
<b>Forschungseinrichtungen:</b>	Fraunhofer Institut für Großstrukturen in der Produktionstechnik IGP, Rostock (FE 1) Lehrstuhl Stahlbau, TU Dortmund (FE 2) Lehrstuhl Informatik VII, TU Dortmund (FE 3)
<b>Projektlaufzeit:</b>	01.03.2018 – 31.12.2020
<b>Ansprechpartner:</b>	Dipl.-Ing. Fabian Gierschner (FE 1) M.Sc. Annika Hundrup (FE 2) Priv.-Doz. Dr. habil. Frank Weichert (FE 3)

## Kurzzusammenfassung

Infrastrukturbauwerke sowie Hallenbauten werden für eine langfristige Nutzung errichtet, die im Verlauf ihrer planmäßigen Nutzung einer Abnutzung unterliegen. Durch die vielseitige und lange Beanspruchung dieser Bauwerke sind gebrauchsbedingte Schäden unabdingbar. Werden Mängel und Schäden zeitnah entdeckt und direkt instandgesetzt, kann ein schadensfreier Zustand der Bauwerke für ihre gesamte Nutzungsdauer erhalten werden. Dafür sind Bauwerksprüfungen in regelmäßigen zeitlichen Abständen notwendig, die zeit- und personalintensiv sind und mit Beschränkungen der Bauwerksnutzung während der Bauwerksprüfung verbunden sind. Der volkswirtschaftliche Schaden für die Bundesrepublik Deutschland durch sanierungsbedürftige Brücken sowie damit einhergehender Staubbildung durch (Teil-) Sperrungen der Verkehrswege kann so reduziert werden. Dieser Problematik kann mit einer Brückeninspektion mittels UAV entgegengewirkt werden, indem Schädigungen frühzeitig erkannt und somit schneller saniert werden können (Präventivstrategie).

Im vorliegenden Forschungsprojekt wurde die Idee einer Zustandserfassung durch automatisierte Befliegung von Bauwerken mit unbemannten Flugobjekten (UAV) fokussiert. Eine anschließende automatisierte 2D/3D-Bildverarbeitung und Bildauswertung bis hin zur Ergänzung der digitalen Bauwerksakte mit Schadens- und Mängelanzeigen sowie Handlungsanweisungen ergänzen eine digitalisierte und automatisierte Bauwerksprüfung. Damit soll in Zukunft eine effiziente und regelmäßig stattfindende Prüfung von Bauwerken ermöglicht werden, die die Entdeckung und Instandsetzung von Schädigungen am Bauwerk in einem frühen Stadium ermöglicht.

Für diesen Fokus wurden die baulichen Strukturen stählerner Bauwerke (Hallen und Brücken), geometrische Bereiche, in denen sich das UAV am Bauwerk bewegen kann, sowie rein sichtbare Bauwerksschäden untersucht. Es folgte ein Schadenskatalog als Grundlage für die Inspektion von stahlbaulichen Strukturen mit Bewertungen für die unterschiedliche Ausprägung möglicher optischer Schädigungen an Stahlkonstruktionen.

Die Zustandserfassung des Bauwerkes ohne handnahe Vor-Ort Präsenz erfolgt mit einem UAV-System mit einer angepassten Navigationslösung, die auf Basis eines Multisensorsystems sowie einer 3D-Routenplanung basiert. Dafür wird das Bauwerk im ersten Schritt mit einem Laserscanner erfasst. Auf Basis der 3D-Aufnahme erfolgt anschließend die automatisierte Planung der Inspektionsroute entlang der optisch prüfbaren Bereiche. Die Herausforderung bei der Befliegung besteht in der Navigation des UAV. Während im Außenbereich globale Navigationssysteme (z.B. GPS) genutzt werden können, muss im Innenbereich die Navigation und Kollisionskontrolle anhand von Bauwerkswissen in Verbindung mit Sensoren realisiert werden. Für die automatisierte Inspektion erfolgte deswegen die Integration geeigneter Sensorik sowie eines Sicherheitskonzepts in das UAV.

Aus Sicht der automatisierten Bilddatenverarbeitung fand eine Analyse zur Schadens- und Normalzustandsdefinition und Abweichung von diesem statt. Es wurden Methoden zur automatisierten Auswertung und Klassifikation von Schadensstrukturen auf Basis von Bilddaten entwickelt. Darauf basierend konnte ein Verfahren zur Bewertung der einzelnen Schäden sowie des gesamten Bauwerkes erarbeitet werden. Das schlussendlich erarbeitete Verfahren zur Rückführung und Darstellung der Schädigungen, Bewertungen und Ergebnisse in einem 3D-Modell liefert dem Prüfer ein Werkzeug für die Inspektion von stählernen Bauwerken wie Brücken und Hallen.

Das Forschungsziel konnte erreicht werden, der Einsatz von UAV zur automatisierten Bauwerksinspektion von stahlbaulichen Strukturen kann in den Prüfalltag integriert und dieser somit optimiert werden.

Für Prüfengeure handelt es sich hier um ein neues Produktportfolio, welches den zahlreichen Brückenbauherren angeboten werden kann. Auch werden endlich die Bauherren von Hallenbauten angesprochen, für die derzeit eine Bauwerksprüfung nicht vorgeschrieben ist. Durch eine schnellere und somit günstigere Inspektion durch Befliegung werden einige Hallenbesitzer häufiger oder überhaupt eine Hallenprüfung vornehmen lassen als es derzeit der Fall ist. Insgesamt trägt dieses Verfahren zu einer völlig neuartigen Bauwerksbewertung im Bauwesen bei und verknüpft das Bauwesen mit seinen vorrangig als KMU arbeitenden Unternehmen mit modernster Technologie und der Industrie 4.0.

## **Bezugsquellen des Forschungsberichtes**

Der ausführliche Forschungsbericht der FOSTA - Forschungsvereinigung Stahlanwendung e.V. kann in Kürze in digitaler Form über den Shop von [stahldaten.de](https://shop.stahldaten.de) unter <https://shop.stahldaten.de/produkt-kategorie/fosta-berichte> die bezogen werden.

## Förderhinweis

Das IGF-Forschungsvorhaben 19988 BG bzw. FOSTA P 1326 „Inspektion, Überwachung und Dokumentation von stahlbaulichen Strukturen“ der Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V. (FOSTA), Sohnstraße 65 in 40237 Düsseldorf wurde über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF) im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# Inspection, monitoring and documentation of steel structures

<b>Project number:</b>	<b>IGF-Nr. 19988 BG / FOSTA P 1326</b>
<b>Research association:</b>	Research Association for Steel Application (FOSTA)
<b>Research institutions:</b>	Fraunhofer Institute IGP, Rostock (RI 1) Chair of Steel Construction, TU Dortmund (RI 2) Chair of Computer Science VII, TU Dortmund (RI 3)
<b>Project duration:</b>	01.03.2018 – 31.12.2020
<b>Contact:</b>	Dipl.-Ing. Fabian Gierschner (RI 1) M.Sc. Annika Hundrup (RI 2) Priv.-Doz. Dr. habil. Frank Weichert (RI 3)

## Abstract

Infrastructure structures as well as hall buildings are erected for long-term use and are exposed to wear and tear in the course of their planned use. Due to the diverse and prolonged use of these structures, use-related damage is unavoidable. If defects and damage are discovered quickly and repaired immediately, a damage-free condition of the structures can be maintained for their entire service life. This requires inspections of structures at regular intervals, which are time-consuming and personnel-intensive and involve restrictions on the use of the structure during the inspection. The economic damage to the Federal Republic of Germany caused by bridges in need of rehabilitation and the resulting congestion due to (partial) closures of traffic routes can thus be reduced. This problem can be counteracted with a bridge inspection using UAVs, as damage can be detected earlier and therefore rehabilitated more quickly (preventive strategy).

This research project focused on the idea of recording the condition of structures by automated aerial flight using unmanned aerial vehicles (UAVs). A subsequent automated 2D/3D image processing and image evaluation up to the supplementation of the digital building file with damage and defect notifications as well as instructions for actions complete a digitalised and automated building inspection. In the future, this should enable an efficient and regular inspection of structures, allowing the detection and repair of damage to the structure at an early stage.

For this focus, the structures of steel buildings (halls and bridges), geometric areas in which the UAV can move on the building, and purely visible structural damage were examined. This was followed by a damage catalogue as a basis for the inspection of steel structures with ratings for the different forms of possible optical damage to these.

The condition of the structure is recorded without a manual on-site presence by using a UAV system with a customised navigation solution based on a multi-sensor system and 3D route planning. In the first step, the structure is recorded with a laser scanner. The automated planning of the inspection route along the optically inspectable areas is then carried out on the basis of the 3D image. The challenge in aerial inspection consists in the navigation of the UAV. While global navigation systems (e.g. GPS) can be used outdoors, navigation and collision

control must be realised indoors on the basis of building knowledge in combination with sensors. Therefore, appropriate sensors and a safety concept were integrated into the UAV for automated inspection.

From the point of view of automated image data processing, an analysis took place on the definition of damage and normal condition as well as deviation from this. Methods were developed for the automated evaluation and classification of damage structures on the basis of image data. Based on this, a procedure for the evaluation of the individual damages just like the entire structure could be developed. The finally developed procedure for the reconstruction and representation of the damages, evaluations and results in a 3D model provides the inspector with a tool for the inspection of steel structures for both halls and bridges

The research objective was achieved, and the use of UAVs for the automated inspection of steel structures can be integrated into an optimised everyday testing.

For inspection engineers, this is a new product portfolio that can be offered to the numerous bridge builders. Also, the owners of hall constructions, for which a structural inspection is currently not prescribed, are finally being addressed. Due to a faster and thus cheaper inspection by aerial flight, some hall owners will arrange for a hall inspection more frequently or at all in contrast to the current situation. All in all, this procedure contributes to a completely new type of building assessment in the construction industry and links the construction industry with its companies, which primarily operate as SMEs, with the latest technology and Industry 4.0.

## Sources of the research report

The detailed research report of the Research Association for Steel Application (FOSTA) will be available soon in digital form in the shop of stahldaten.de at <https://shop.stahldaten.de/produkt-kategorie/fosta-berichte>.

## Acknowledgement

The research project IGF no. 19988 BG / FOSTA P 1326 "Inspection, Monitoring and Documentation of Steel Structures" of the Research Association for Steel Application (FOSTA), Sohnstraße 65 in 40237 Düsseldorf, Germany, was funded by the German Federation of Industrial Research Associations (AiF) as part of the program for the promotion of Industrial Collective Research (IGF) by the Federal Ministry of Economic Affairs and Energy on the basis of a decision by the German Bundestag.

Supported by:



Federal Ministry  
for Economic Affairs  
and Energy

on the basis of a decision  
by the German Bundestag