



UAV-basierte
**Erfassung + Diagnostik
von Bauwerken**



GUIDO MORGENTHAL
TECHNOLOGIEN IM BAUWESEN

ES IST NIE ZU SPÄT...

- für die schnelle und kostengünstige Erfassung von Bauwerken
- für den Einsatz von high-end Fluggeräten (UAV)
- für eine umfangreiche bildbasierte Diagnostik
- für die regelmäßige teilautomatisierte Bauwerksüberwachung
- für unsere »fliegenden« Bauingenieure







ES IST NIE ZU SPÄT. ABER MANCHMAL SEHR HOCH...



FLIEGENDE BAUWERKSDIAGNOSTIK

Wir verwenden professionelle high-end Flugsysteme der neuesten Generation von Ascending Technologies. Unsere Einsatzteams zum Betrieb der Flug- und Kamerasysteme bestehen immer aus erfahrenen Piloten und Bauingenieuren. Wir sind kein einfacher Bilddienstleister, sondern verstehen auch die zu befliegende Materie. Aus den gewonnenen Bild- und Messdaten erstellen wir detaillierte Bauwerksdiagnosen.



BESTANDSDATENERFASSUNG

- Schnelle, sichere und hoch mobile Bestandsdatenerfassung
- Synchrone Erfassung/Dokumentation von Bild-, Video- & Messdaten
- Zugang ohne Gerüste, Hebebühnen oder Kletterer
- Hochauflösende Detailaufnahmen aus kürzester Distanz
- Aufnahme großer Flächen durch optimierte Flugplanung
- Teilautomatisierte und beliebig wiederholbare Befliegungen



FLUGSYSTEME

- AscTec Falcon 8
- Witterungsunempfindliche Systeme
- Navigationsplanung und Autopilot
- Datenerfassung mit verschiedenen Foto- und Videokameras
- Variable Nutzlast
- Kontinuierliche Weiterentwicklung





Skulpturen, Verzierungen, Einbauten



Fels- und Hangsicherungen, Stützbauwerke



Burgen, historische und archäologische Anlagen



Staumauern, Dämme und Behälterbauwerke



Windenergie- und Photovoltaikanlagen



Schornsteine, Kühltürme und Masten



Dome und Kirchen



Brücken

LEISTUNGEN

Bei vielfältigen Projekten und im Rahmen mehrerer Forschungsprojekte konnten wir die Vorteile von Befliegungen mit unbemannten Fluggeräten (UAV – Unmanned Aerial Vehicle) für die Bauwerksdiagnostik unter Beweis stellen. Wir bieten heute eine Reihe von Leistungen an, die eine maßgeschneiderte Dokumentation und Bewertung des Bauwerkszustandes sowie die Detektierung von Veränderungen ermöglichen. Einige der Anwendungen und Methoden sind nachfolgend aufgeführt.

ERFASSUNG, DOKUMENTATION UND BEWERTUNG VON BAUWERKEN

- Außen- und Innenbefliegung von Bauwerken
- Erzeugung von Übersichtsbildern und Videodokumentationen
- Foto- und Video-basierte Schadensidentifizierung
- Bild- und Planhafte Dokumentation des Bauwerkszustandes
- Analyse und bautechnische Bewertung von Schäden – Ableitung von Sanierungsmaßnahmen
- Überführung der Datenbasis in vollständige Bauwerkszustandsmodelle für 3D-Planungen (BIM)

UAV-BASIERTE PHOTOGRAMMETRIE

- Photogrammetrische Bildanalyse zur Generierung von Orthophotos
- Skalierte Ansichts- und Lagepläne für Projekt- und Sanierungsplanungen
- Hochaufgelöste georeferenzierte 3D-Punktwolken (Millimeter-Genauigkeit)
- Hochaufgelöste georeferenzierte vermaschte 3D-Modelle (Bauwerk und Bauwerksteile)
- Abwicklungen von Gebäudehüllen
- Georeferenzierte Geländemodelle

ANWENDUNGEN IN DER DENKMALPFLEGE

- Berührungslose Diagnose und Schadensidentifikation von empfindlichen Strukturen
- Hochdetaillierte Bild- und Videoanalyse von speziellen Bauwerksteilen, Skulpturen oder Verzierungen
- Datenerfassung und -dokumentation für Sanierungs- und Restaurierungsplanung
- Dauerhafte Überwachung durch wiederholte Befliegung (z.B. Monitoring von Rissen oder Deformationen)
- Hochaufgelöste georeferenzierte 3D-Punktwolken und vermaschte 3D-Geländemodelle (z.B. archäologische bzw. historische Anlagen)
- Maßstabsgerechte und farbtreue 3D-Modelle von Bauwerksteilen

BAUSTELLENÜBERWACHUNG UND VERMESSUNG

- Dokumentation des Baufortschritts
- Bauleitung, Logistik, Baustellenüberwachung und Beweissicherung
- 3D-Punktwolke und 3D-Modelle zur Beurteilung geometrischer Toleranzen

DATENERFASSUNG FÜR STADT- UND RAUMPLANUNG, PROJEKTIERUNG, ENTWICKLUNG UND VERMARKTUNG VON IMMOBILIEN

- Luftbilder (Übersicht- und Schrägaufnahmen, Draufsichten und Ansichten)
- Videoaufnahmen (dynamische Flüge)
- Panoramadarstellungen
- 360°-Kugelpanoramen
- Virtuelle Touren
- 3D-Gelände- und 3D-Bauwerksmodelle, Konvertierung für GIS- und BIM-Umgebungen
- Vorlagen für den 3D-Druck von Bauwerksmodellen
- Datenaufbereitung für Präsentationen, Internetpräsenzen und Virtual-Reality-Umgebungen

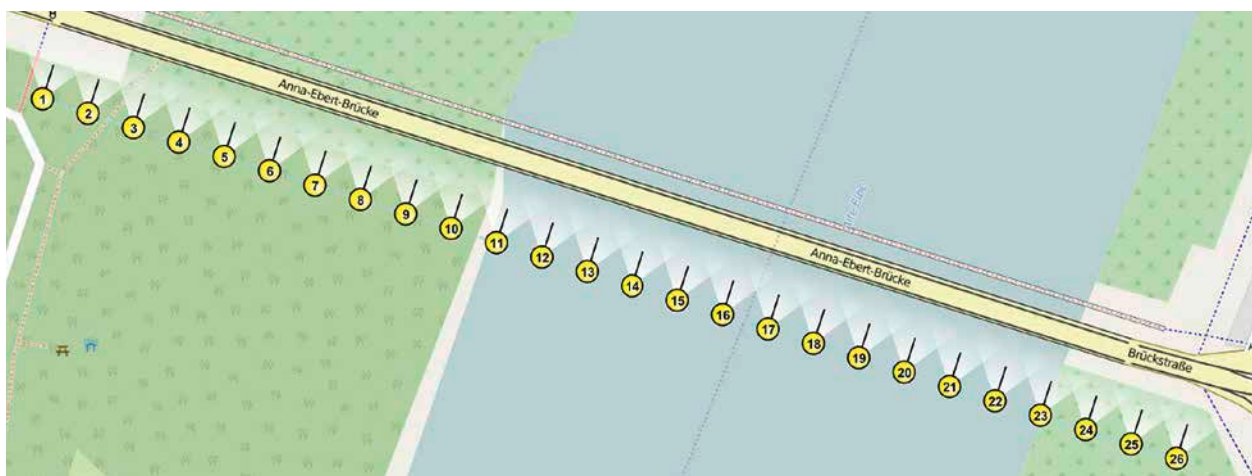


CASE STUDY

www.gmtib.de/uav/bruecke

SANIERUNG »ANNA-EBERT-BRÜCKE«

Die denkmalgeschützte Anna-Ebert-Brücke im Stadtzentrum von Magdeburg zählt zu den Hauptverkehrsachsen der Landeshauptstadt. Die 133 Jahre alte und 216 Meter lange Bogenbrücke unterliegt einem hohen Verkehrsaufkommen und wurde in den letzten Jahren zusätzlich durch mehrere Hochwasser stark geschädigt. Für die Zustandsermittlung im Zuge einer umfangreichen Sanierungs- und Restaurierungsplanung wurde die Brücke mit UAV-Technik detailliert aufgenommen. Grundlage für die Erstellung steingenaue Planunterlagen für die Schadensdokumentation bilden die georeferenzierte 3D-Rekonstruktion sowie die generierten Orthophotoansichten des Bauwerkes. Zusätzlich wurden alle Verzierungelemente der Brücke maßstabsgerecht und farbgetreu in 3D rekonstruiert. **Die Gesamtaufnahme des Bauwerkes einschließlich aller Verzierungen wurde unter fließendem Verkehr ohne Gerüsteinsatz in nur zwei Arbeitstagen umgesetzt.**



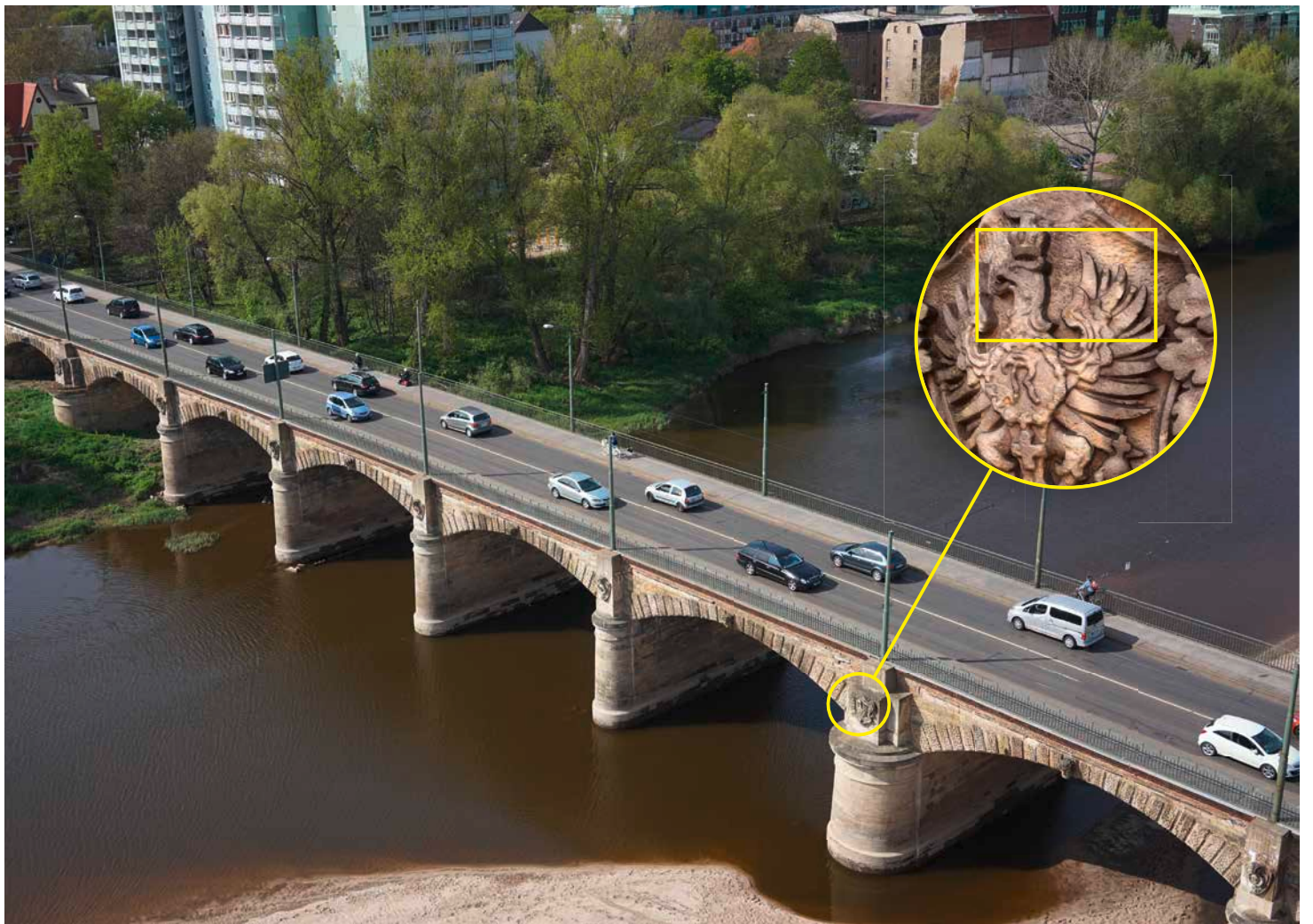
Routenplanung für automatische Befliegung

LEISTUNGEN

- GPS-basierte Missions- und Routenplanung für die automatische Befliegung des Bauwerkes
- Vollständige Aufnahme der Bauwerksansichten und der Draufsicht mit hochaufgelösten Luftbildern ohne Beeinträchtigung des fließenden Verkehrs
- Detailaufnahmen von 43 Verzierungen (Köpfe und Wappen)
- Dokumentation des Bauwerkes und der Verzierungen als Grundlage für die Sanierungsplanung:
 - 3D-Rekonstruktion des Bauwerkes als georeferenzierte 3D-Punktwolke (1,3 Mrd. Punkte)
 - Hochaufgelöste Orthophotos aller Ansichten (1mm/Pixel)
 - Steingenaue Bestandspläne der Nordost- und Südwest-Ansicht
 - Vermahtes und texturiertes 3D-Modell des Bauwerkes (240 Millionen Polygone)
 - Maßstabsgerechte, farbgetreue 3D-Modelle aller Verzierungen (jeweils ca. 10 Mio. Punkte)
- Datenaufbereitung für die Öffentlichkeitsarbeit der Stadt Magdeburg
- Datenspeicherung für zukünftige automatische Detektion von geometrischen Veränderungen (Deformationsmonitoring) durch wiederholte Befliegung (Studie erfolgreich durchgeführt)

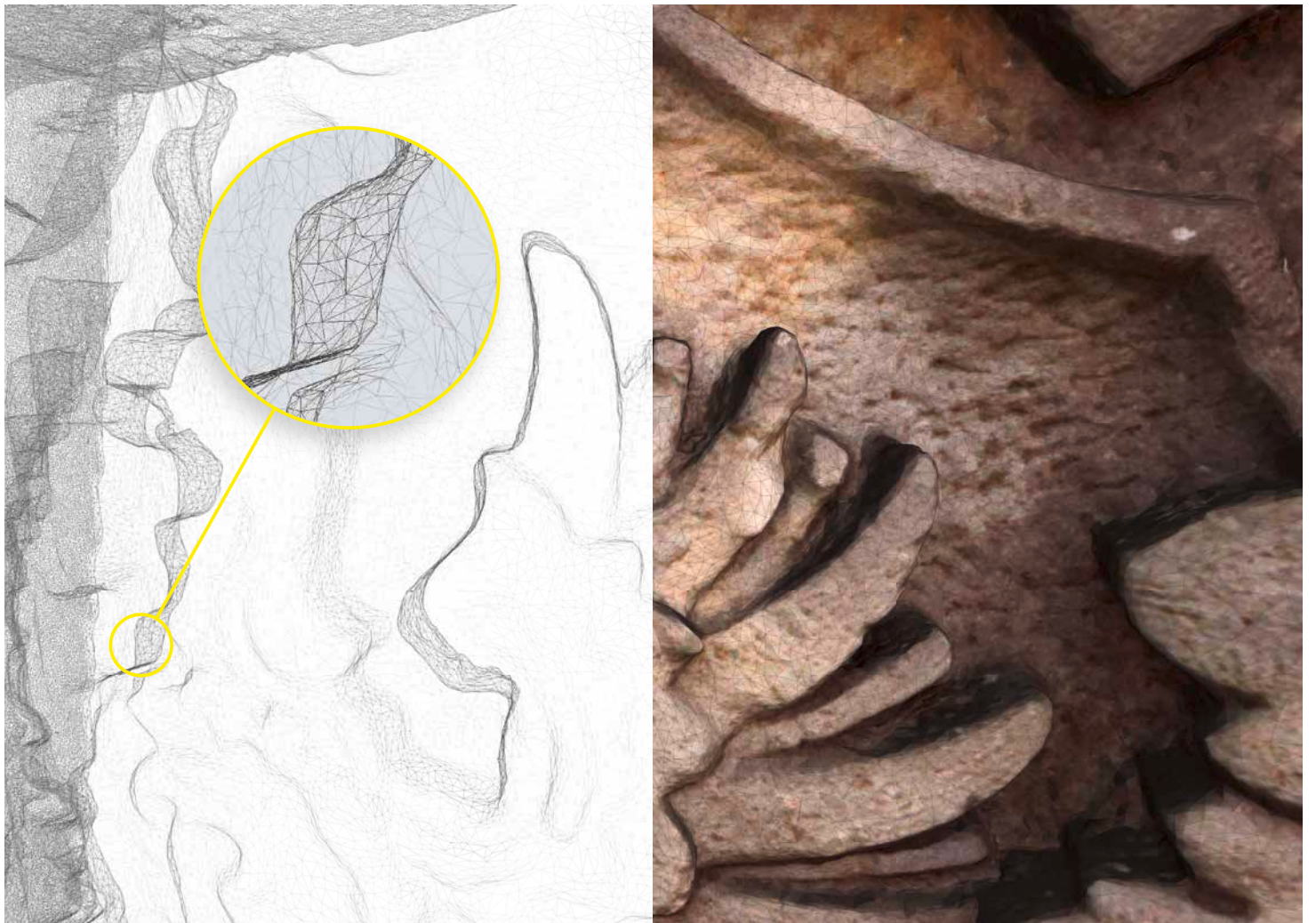
Generiertes Orthophoto und damit erstellter steingenaue Bestandsplan





Luftbildaufnahme der Anna-Ebert-Brücke in Magdeburg

Maßstabsgerechte farbgetreue 3D-Modellierung eines Wappens





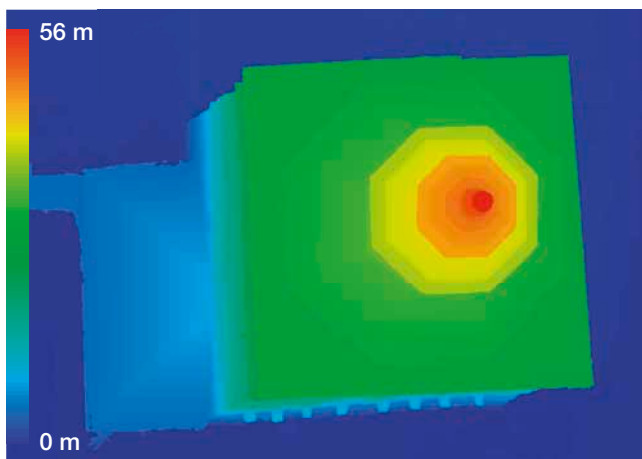
CASE STUDY www.gmtib.de/uav/turm

SICHERUNG »SCHIEFER TURM«

Die Geschichte und extreme Schiefelage dieses Turmes in Bad Frankenhausen machen ihn zu einem besonderen Bauwerk mit speziellen bautechnischen Herausforderungen. Unter Anwendung der UAV-Technologie wurde eine Luftbild-basierte Zustandsermittlung des Bauwerks durchgeführt. Hochdetaillierte Bilder wurden zur visuellen Schadenserfassung sowie zur Erstellung eines georeferenzierten 3D-Modells des Turmes genutzt. Die Detailbilder ermöglichten die Identifizierung kleinster Schäden wie Risse oder Abplatzungen. Über die 3D-Rekonstruktion konnten geometrische Kenndaten des Bauwerks ermittelt werden. Mit Hilfe wiederholter Befliegungen des Turmes können zukünftig durch Vergleich der 3D-Rekonstruktionen selbst geringste geometrische Veränderungen am Bauwerk erkannt und visualisiert werden. **Dies ist mit überschaubarem Zeitaufwand und ohne Gerüst oder Industriekletterer möglich.**

LEISTUNGEN

- Vollständige Aufnahme der Bauwerksoberfläche mit 525 hochaufgelösten Bildern
- Detaillierte Zustandserfassung aller kritischen Bauwerksteile und Dokumentation des Gesamtbauwerkes:
 - Hochaufgelöste Orthofotos aller Ansichten
 - 3D-Rekonstruktion: Georeferenzierte 3D-Punktwolke (310 Millionen Punkte)
 - Digitales Höhenmodell
 - Vermaschtes 3D-Modell (62 Millionen Polygone)
 - Skaliertes farbiges 3D-Modell (mit 3D-Drucker erstellt)



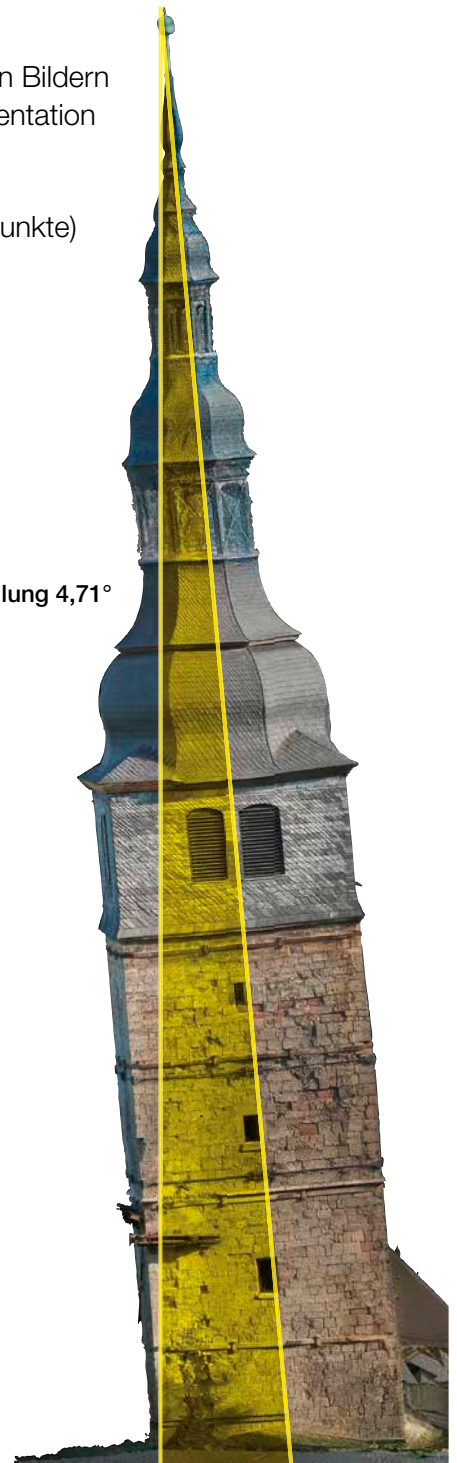
Digitales Höhenmodell



Luftbildaufnahme einer geschädigten Turmkante

Schiefstellung 4,71°

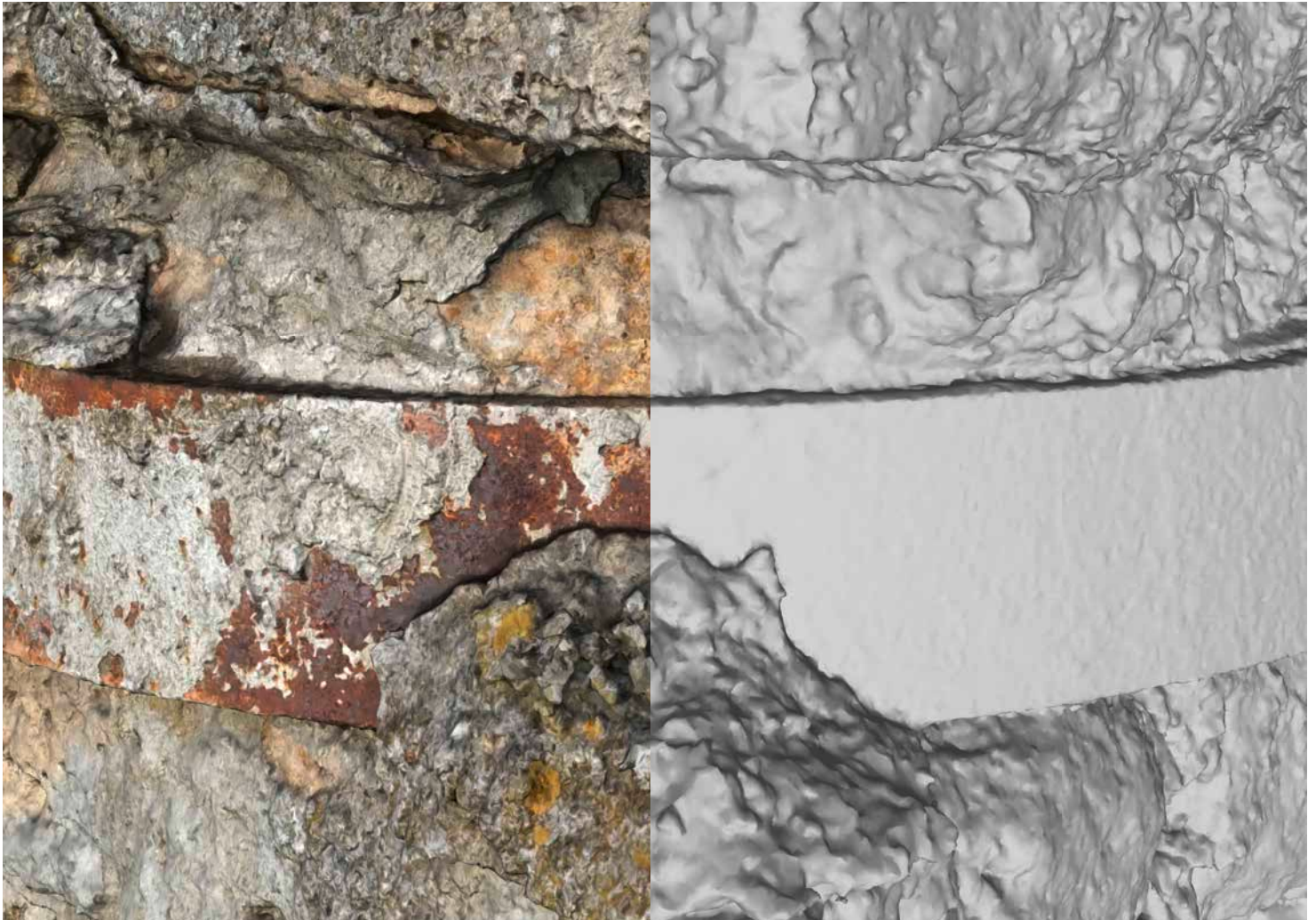
Hochaufgelöstes Orthophoto einer Turmansicht





Luftbildaufnahme Schiefer Turm von Bad Frankenhausen

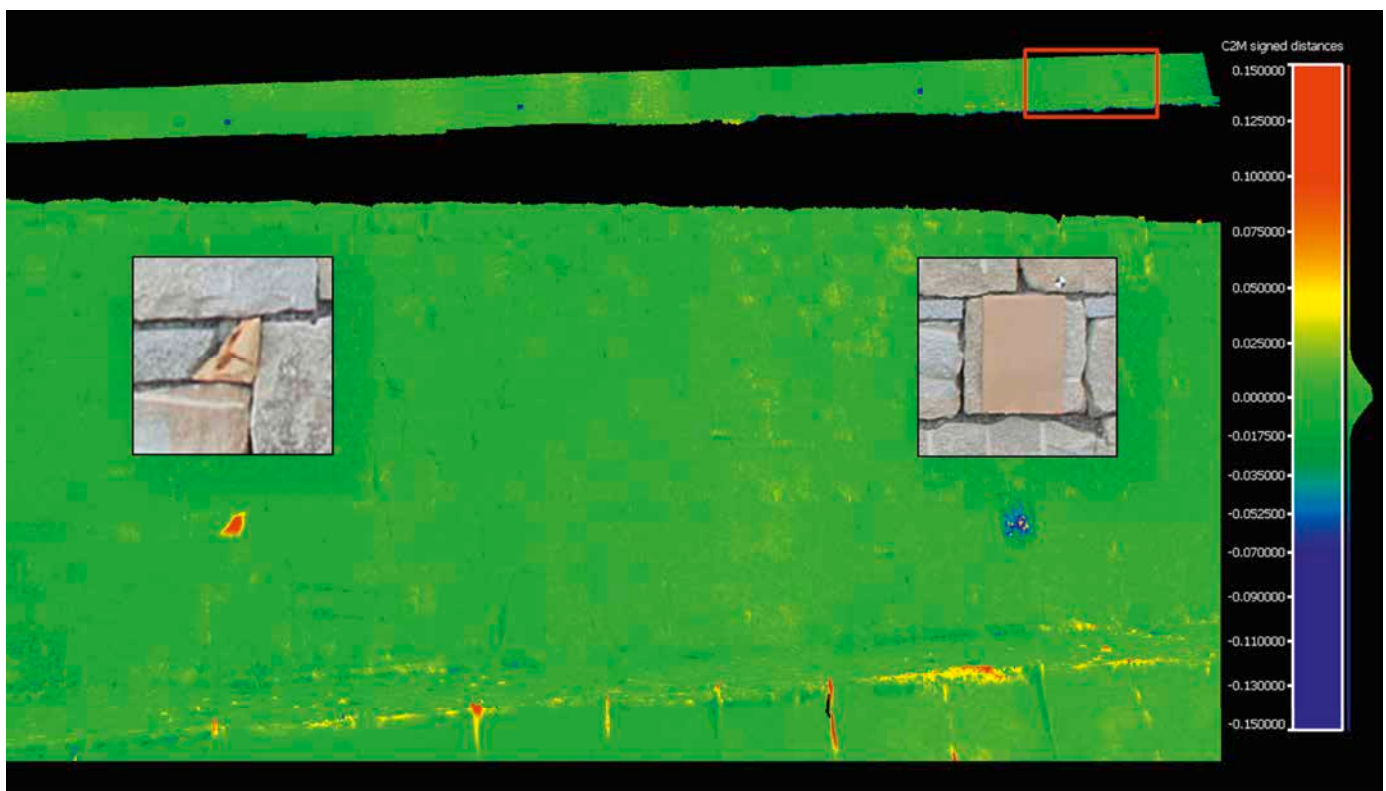
Vermaschte und texturierte Oberflächenrekonstruktion der geschädigten Turmkante





CASE STUDY www.gmtib.de/uav/wand MONITORING »STÜTZWAND BAB4«

Große Wände aus Natursteinen werden entlang von Autobahnen und anderen Verkehrswegen als Stützbauwerke genutzt. Eine der größten Stützwände Deutschlands wurde mit Hilfe von vollautomatisch generierten Luftbildern vollständig in ihrer Geometrie rekonstruiert. Die erforderlichen 280 Luftbilder wurden in weniger als 45 Minuten auf vier vorprogrammierten Flugpfaden im Abstand von 35 m zur Stützwand aufgenommen. Aus diesen Bildern wurden für das ca. 650 m lange und fast 20 m hohe Stützbauwerk eine georeferenzierte 3D-Punktwolke mit ca. 1,9 Mrd. Punkten und ein 3D-Bauwerksmodell erstellt, welche zukünftig zur Überwachung des Bauwerkszustandes genutzt werden können. **Die Genauigkeit der 3D-Rekonstruktion ermöglicht über einen Punktwolkenvergleich eine sichere Detektierung aller geometrischen Veränderungen des Bauwerks, die größer als 7 mm sind.**



Farblich codiertes Differenzbild eines Punktwolkenvergleichs mit detektierten Veränderungen an der Stützwand (Validierungsstudie)

LEISTUNGEN

- GPS-basierte Missions- und Flugplanung für die automatische Luftbildaufnahme des gesamten Bauwerks
- Datenerfassung ohne Beeinträchtigung des Verkehrs auf der angrenzenden Autobahn
- Dokumentation des Bauwerkes als Grundlage für die Endabnahme:
 - Georeferenzierte 3D-Punktwolke, unterstützt durch wenige tachymetrisch eingemessene Referenzpunkte am Bauwerk
 - Hochaufgelöste Orthophotos der Ansicht
 - Vermashtes und farbgetreues 3D-Modell
- Konsistente Datenspeicherung zur zukünftigen automatischen Detektion von geometrischen Veränderungen (Deformationsmonitoring) durch wiederholte Befliegung



Luftbildaufnahme der Stützwand am Jagdbergtunnel der BAB 4 bei Jena

Ausschnitt der extrem dichten RGB-farbcodierten Punktwolke





FLUGSYSTEME

Als UAV-Plattform verwenden wir professionelle high-end Flugsysteme Typ Falcon 8 der neuesten Generation von AscTec Technologies (AscTec, www.asctec.de). Diese extrem windstabilen Geräte bieten ein flexibles Nutzlastkonzept für vielfältige Einsatzbereiche.

FLUGGERÄTE

- Extrem windstabile und sichere UAV auch bei stark böigem Wind
- AscTec Falcon 8 mit Präzisions-Autopilot Trinity
- 360° uneingeschränktes Sichtfeld
- Flugroutenplanung und GPS-basierte Navigation für automatische Befliegungen
- Reproduzierbare Flugrouten und Kamerablickwinkel
- Höhenkontrollierter und manueller Flugmodus für Einsätze ohne GPS-Abdeckung
- Flexibles Nutzlastkonzept für die stabilisierte Halterung verschiedener Kameras
- Geräuscharm, emissionsfrei und umweltfreundlich
- Videoübertragung für Live-Inspektionen

KAMERAS

- Vollformat-Systemkamera mit mindestens 36 MP
- Leichte Systemkamera mit Wechselobjektiven und mindestens 16 MP
- Full-HD-Videokamera mit Bildstabilisator und 10x optischem Zoom

ZU HOCH? NIEMALS.

REFERENZEN www.gmtib.de/referenzen

- Schornstein »Alte Bahlse Brauerei«, Arnstadt
- Industrie- und Werksgelände, Hamm
- Schlossplatz Weimar
- Marie-Curie-Gymnasium Bad Berka
- Anna-Ebert-Brücke, Magdeburg
- Burg Landeck, Klingenmünster
- Wohnhaus in Weimar
- Wegelnburg, Schöna
- Felssicherung »Mannerfels«, Passau
- Stützwand am Jagdbergtunnel BAB4 bei Jena
- Rappbodetalsperre, Wendefurth
- Dom St. Mauritius und Katharina, Magdeburg
- Dom St. Stephanus und St. Sixtus, Halberstadt
- Ruine im Ilmpark, Weimar
- Carolinenturm, Bad Berka
- Windenergieanlagen und Hochspannungsmasten bei Bucha
- Fußgängerbrücke, Ilmenau
- Kirche St. Peter und Paul, Elxleben
- Wirrbachtalbrücke bei Geschwenda
- Schiefer Turm von Bad Frankenhausen
- Schwermaschinenbau Wildau
- Heliport Klinikum, Nürnberg
- Oberes Schloß, Greiz
- Toskana Therme Bad Sulza
- Schornstein Heizkraftwerk, Jena

FORSCHUNG www.gmtib.de/forschung

- Guido Morgenthal, Norman Hallermann, Michael Achtelik
Abschlussbericht Forschungsprojekt ZukunftBau, ISBN 978-3816795896
Unbemannte Fluggeräte zur Zustandsermittlung von Bauwerken
2015
- Guido Morgenthal, Norman Hallermann
Advances in Structural Engineering
Quality Assessment of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Based Visual Inspection of Structures
2014



GUIDO MORGENTHAL
TECHNOLOGIEN IM BAUWESEN

GMTIB
Wilhelm-Külz-Straße 22
99423 Weimar

+49 3643 544 87-100

info@gmtib.de

www.gmtib.de



Weitere Informationen finden
Sie auf unserer Website:
www.gmtib.de/uav

