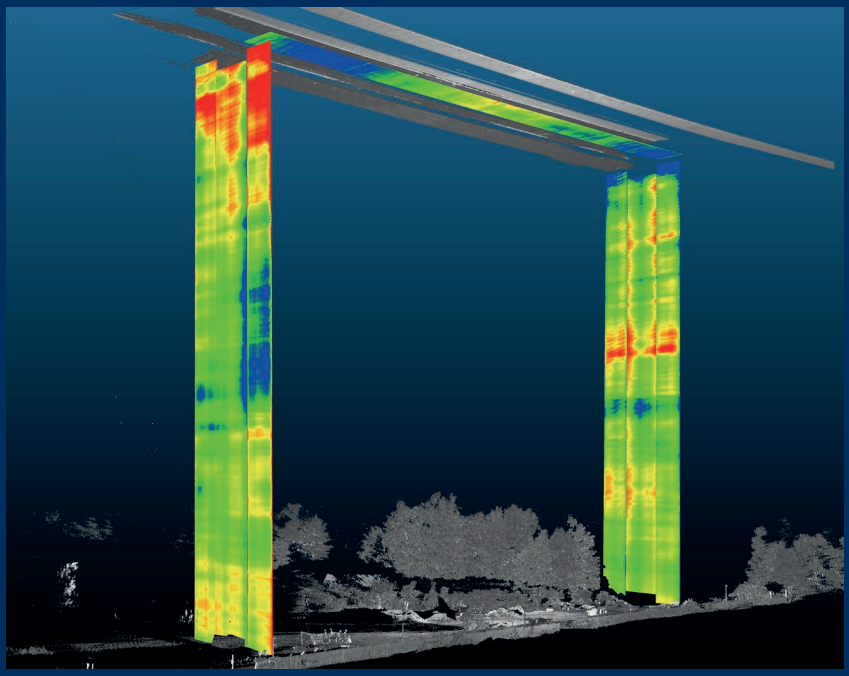
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN

FAKULTÄT BAUINGENIEURWESEN

Schriftenreihe
Konstruktiver Ingenieurbau Dresden
Heft 55



Manfred Curbach, Steffen Marx,
Silke Scheerer, Torsten Hampel (Hrsg.)

11. SYMPOSIUM EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN VON BAUKONSTRUKTIONEN

08. März 2021

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN

FAKULTÄT BAUINGENIEURWESEN

Manfred Curbach, Steffen Marx,
Silke Scheerer, Torsten Hampel (Hrsg.)

11. SYMPOSIUM EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN VON BAUKONSTRUKTIONEN

08. März 2021

Schriftenreihe
Konstruktiver Ingenieurbau Dresden
Heft 55

Herausgeber der Reihe:

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach
Prof. Dr.-Ing. Peer Haller
Prof. Dr.-Ing. habil. Ulrich Häußler-Combe
Prof. Dr.-Ing. habil. Michael Kaliske
Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx
Prof. Dr.-Ing. Richard Stroetmann

Institut für Massivbau
Technische Universität Dresden
D - 01062 Dresden

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

© 2021 Technische Universität Dresden
Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit schriftlicher Genehmigung der Herausgeber. Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen oder sonstigen Kennzeichnungen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese von jedermann frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie als solche nicht eigens markiert sind.
Für die Inhalte sind die Autor*innen verantwortlich.

Herausgeber: Manfred Curbach, Steffen Marx, Silke Scheerer, Torsten Hampel
Redaktion: Silke Scheerer
Layout: Stefan Gröschel und Silke Scheerer
Korrekturen: Silke Scheerer, Sabine Wellner und Theresa Fritsche
Anzeigen: Sabine Wellner
Umschlag und Druckvorbereitung: Stefan Gröschel

Titelbild: 3D-Punktwolke des fünften Feldes der Siegtalbrücke; zur Veranschaulichung wurden bereichsweise unterschiedliche Einfärbungen verwendet: Intensitätswerte (Graustufendarstellung) und Ebenheitsabweichungen (Regenbogendarstellung) | © Dr.-Ing. Florian Schill, Fachgebiet Geodätische Messsysteme und Sensorik, TU Darmstadt Institut für Geodäsie

Der Tagungsband ist open access auf der Homepage des Instituts für Massivbau der TU Dresden verfügbar: https://tu-dresden.de/bu/bauingenieurwesen/imb.

Druck: addprint AG · Am Spitzberg 8a · 01728 Bannewitz

Veröffentlicht: Dresden, März 2021

ISSN 1613-6934
ISBN 978-3-86780-665-7

Inhalt

Grußwort 5
Torsten Hampel, Sabine Wellner und Silke Scheerer

Experimentelle Untersuchung von Balkenreihentragwerken 8
Oliver Steinbock, Olaf Mertzsch und Sabine Wellner

Experimentell gestützte Nachweise von Eisenbahn-Stampfbetonbrücken 20
Marc Gutermann und Werner Malgut

Berührungslose Überwachung von Brücken mit großer Stützweite 32
Florian Schill und Gregor Schacht

Ultraschalluntersuchung von Baukonstruktionen 46
Sebastian Schulze

Monitoring von Kräften und signifikanten Bauwerksparametern in einer Stahlbeton-brücke zur Analyse von Schädigungsprozessen 54
Jens Kühnapfel, Gunter Hahn, Markus Fischer und Stefan Mortag

Structural Health Monitoring der Maintalbrücke Gemünden zur Unterstützung einer prädiktiven Instandhaltung 66
Ralf Herrmann, Ronald Schneider, Patrick Simon, Falk Hille, Samir Said und Matthias Baeßler

Rissweitenmessung mittels nachträglich angebrachten, verteilten faseroptischen Messsystemen 78
Alois Vorwagner, Maciej Kwapisz, Werner Lienhart, Madeleine Winkler und Urs H. Grunicke

Verbesserte Bestimmung des Chloridgehaltes in Beton durch neues Messverfahren 88
Fritz Binder und Stefan L. Burtscher

Spanndrahtbruchdetektion mit Schallemissionsmonitoring 96
Max Käding, Gregor Schacht und Steffen Marx

Ansätze zur objektspezifischen Ermittlung und Bewertung von KKS-Schutzkriterien 106
Ulrich Schneck

Probebelastung einer mit Carbonbeton verstärkten Plattenbrücke 118
Oliver Steinbock, Nina Josiane Giese und Manfred Curbach

Experimentelle Tragfähigkeitstests des OML in den Jahren 2019 und 2020 130
Sabine Wellner, Torsten Hampel und Silke Scheerer

Experimentelle Tragfähigkeitstests des OML in den Jahren 2019 und 2020

Dipl.-Ing. (FH) Sabine Wellner, Dr.-Ing. Torsten Hampel, Dr.-Ing. Silke Scheerer
Institut für Massivbau und Otto-Mohr-Laboratorium, TU Dresden

KURZFASSUNG

Die experimentelle Tragfähigkeitsermittlung und -bewertung ist ein wichtiges Arbeitsfeld des Otto-Mohr-Laboratoriums (OML) der TU Dresden. Im folgenden Beitrag werden ausgewählte Projekte der vergangenen zwei Jahre vorgestellt, die die Breite der Untersuchungsmöglichkeiten aufzeigt.

1 Einleitung

Neben umfangreichen Labortests im Rahmen von Forschungsprojekten des Instituts für Massivbau, aber auch anderer Einrichtungen der TU Dresden und im Auftrag von Industriepartnern nehmen experimentelle Untersuchungen von Baukonstruktionen einen hohen Stellenwert im OML ein. Oft ist es durch Vor-Ort-Tests möglich, ein Bauwerk bzw. Bauteile zu erhalten bzw. den Nutzungszeitraum zu verlängern, wodurch ein wichtiger Beitrag zum Erhalt des Bestands und zur Erhöhung der Nachhaltigkeit im Bauwesen geleistet werden kann. Im Folgenden werden ausgewählte Hochbauprojekte der vergangenen zwei Jahre vorgestellt. Untersuchungen im Brückenbau sind in zwei weiteren Beiträgen in diesem Band zu finden. Die Texte basieren auf den Jahrbüchern des Instituts 2019 und 2020 [1], [2].

2 Tests im Beyer-Bau der TU Dresden

Bereits zum 9. SEUB 2017 wurde über erste Versuche im Rahmen der Sanierung des Beyer-Baus berichtet [3]. Heute ist die Baumaßnahme noch immer in vollem Gange. Neben einer Vielzahl an Materialprüfungen – hier v. a. die Ermittlung von Material- und Haftzugfestigkeiten (Bild 1) sowie von Karbonatisierungstiefen – wurden bei verschiedenen Unterzügen und Deckenkonstruktionen experimentelle Tragsicherheitstests durchgeführt. Basierend auf jeweils individuell ausgearbeiteten Messkonzepten konnte der aktuelle Zustand der Bauteile zuverlässig bewertet werden.

Bei Decken und Unterzügen wurden die Ziellasten anhand der geplanten zukünftigen Nutzung abgeleitet. Die Lasten wurden in bewährter Art und Weise über mehrere Einzellasten eingetragen. Die belastungsbedingten Durchbiegungen wurden mit induktiven Wegaufnehmern gemessen, eventuelle Rissbildungen wurden visuell in den Belastungspausen und nach Versuchsende erfasst. Die Ziellasten wurden in jedem Fall ohne Probleme oder Beeinträchtigungen des Tragwerks erreicht. Es stellten sich lediglich erwartungsgemäß Risse ein, jedoch in geringem Umfang. Die nach Entlastung verbleibenden Rissbreiten lagen im Zehntelmillimeterbereich. Beschädigungen oder optische Veränderungen der belasteten oder der angrenzenden Bauteile wurden nicht beobachtet.

Auftraggeber: Staatsbetrieb Sächsisches Immobilien- und Baumanagement, Niederlassung Dresden II, Sachgebiet Hochbau 2, Dresden

3 Geländerbelastung im Hülße-Bau

Der Hülße-Bau der TU Dresden mit seinem markanten pyramidenförmigen Glasdach diente nach der Erbauung zwischen 1902 und 1907 bis ins Jahr 1956 als Haftanstalt für das benachbarte Landgericht Dresden (heute Schumann-Bau), [4].

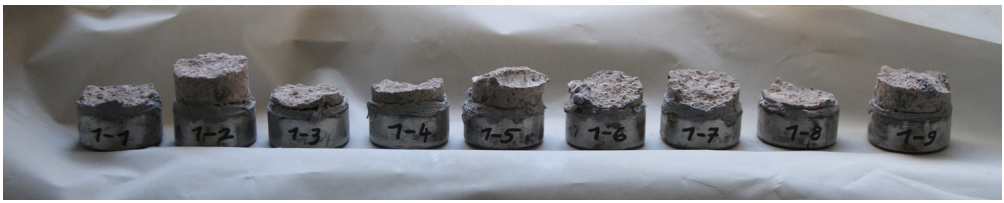


Bild 1: Durch die teilweise recht inhomogene historische Bausubstanz war eine große Zahl an Haftzugprüfungen notwendig

Im 2. Weltkrieg wurde das Gebäude massiv beschädigt. Nach dem Umzug des Landgerichts und der Schließung der Haftanstalt wurde das Gebäude durch die Technische Hochschule Dresden im Jahr 1957 übernommen und nach Plänen der Architekten Otto Schubert und Georg Münter als Hörsaal- und Bürogebäude umgebaut.

Das aus dieser Zeit stammende Stahlgeländer des Haupttreppenhauses musste aus arbeitsschutzrechtlichen Gründen um ca. 20 cm erhöht werden. Hierfür wurden im Erdgeschoss ein Muster mit vertikalen Streben sowie ein Handlauf aus Rundstahl eingebaut, welches mit dem Bestandsgeländer verschweißt wurde. Nachzuweisen war der Widerstand gegenüber einer horizontalen Linienlast. Hierzu wurden zwei Belastungsrahmen verwendet (Bild 2). An jedem Rahmen wurde in Handlaufhöhe horizontal ein Hydraulikzylinder angebracht. Um eine punktuelle Belastung zu verhindern, wurden Passstücke zwischengeschaltet. Mit je einer Kraftmessdose pro Zylinder wurde die aufgebrachte Prüflast kontrolliert. Induktive Wegaufnehmer zeichneten die Verformungen auf. Es wurden jeweils insgesamt fünf Belastungszyklen durchgeführt, um das Tragverhalten der Geländererhöhung als auch des Bestandsgeländers beurteilen zu können.

An der Geländererhöhung konnte die erforderliche Last nicht nachgewiesen werden. Unter Belastung wurden Verformungen von mehr als 40 mm erfasst. Deshalb wurde empfohlen, mittig zwischen die bereits vorhandenen Befestigungspunkte der Geländererhöhung am Bestandsgeländer jeweils einen weiteren Befestigungspunkt anzubringen. Das Bestandsge-

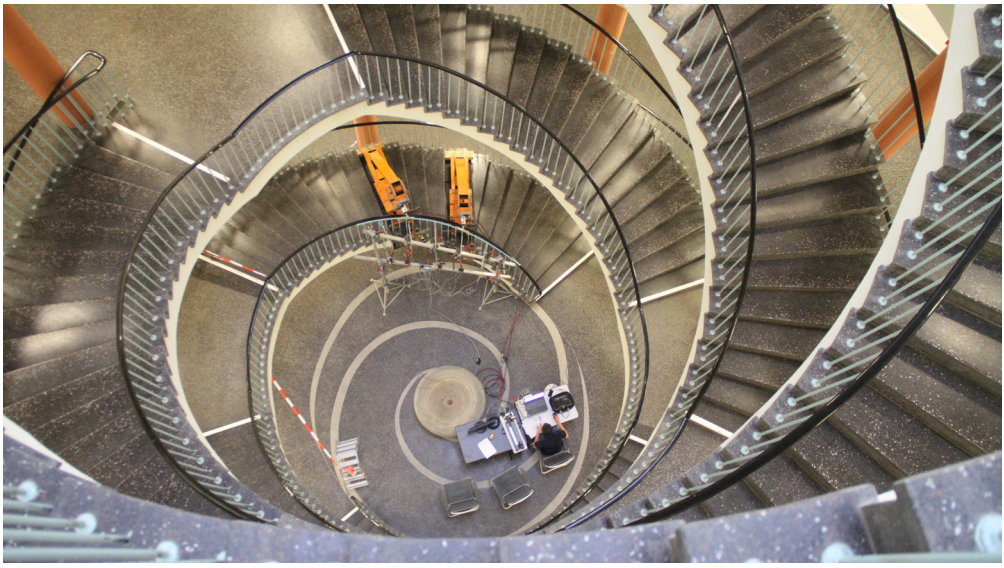


Bild 2: Versuchsaufbau im Haupttreppenhaus des Hülße-Baus

länder selbst konnte die Prüflast hingegen ohne Probleme oder Beeinträchtigung der Konstruktion ertragen.

Auftraggeber: Staatsbetrieb Sächsisches Immobilien- und Baumanagement, NL Dresden II

4 Materialtests am Wolfshügelturm

Ein eher ungewöhnlicher Ort für eine Materialprüfung war der Wolfshügelturm in der Dresdner Heide. In dieser Gegend wurden bis in die Zeit des Dreißigjährigen Krieges Wölfe für die Jagd sächsischer Kurfürsten gehalten [5]. Der erste, nur 4,30 m hohe, hölzerne Wolfshügelturm wurde 1886 errichtet. Er war ein beliebtes Ausflugsziel, aber sehr aufwendig in der Erhaltung. 1911 wurde deshalb beschlossen, einen massiven Stahlbetonturm zu errichten. Projektleiter war der damalige Stadtbaurat Professor Hans Erlwein. Der achteckige Unterbau wurde auf einem Fundament aus Stampfbeton ca. 80 cm tief gegründet und als Lagerraum genutzt. Er hatte vier große bogenförmige Zugänge sowie zwei Außentreppen. Darauf befand sich der eigentliche Turm bestehend zwölf Halbsäulen und Bogenfenstern an der Außenseite sowie zwei freitragenden Wendeltreppen, damit Besucher auf den 14 m hohen Aussichtsbereich unter einer kupfergedeckten Kuppel gelangen konnten. Der Turm wurde im Zweiten Weltkrieg militärisch genutzt und am 7. Mai 1945 vor dem Einmarsch der Roten Armee durch die SS gesprengt.

Das OML wurde damit beauftragt, an den Überresten des Unterbaus Materialuntersuchungen In-situ und im Labor durchzuführen. So wurden beispielsweise anhand von Kernbohrungen sowohl die Konstruktionsart der Außenwände, der Schichtenaufbau als auch die Druckfestigkeit des Betons (Bild 3) festgestellt. Des Weiteren wurden Lage und Durchmesser der Bewehrungseisen in den Anschlussbereichen der ehemaligen Halbsäulen mit einem Bewehrungsscanner bestimmt. Abschließend erfolgte die Bestimmung der Haftzugfestigkeit sowie des Karbonatisierungsgrades auf Bewehrungsniveau. Die gewonnenen positiven Ergebnisse stehen nun dem 2018 gegründeten Verein „Wiederaufbau Wolfshügelturm e. V." zur Verfügung.

Auftraggeber: Wiederaufbau Wolfshügelturm e.V.; **Projektpartner**: IBB Ingenieurbüro Baustatik Bautechnik, Dresden

5 Materialuntersuchungen an einem historischenDachbinder

In einem weiteren Projekt war der Tragwiderstand eines denkmalgeschützten Daches experimentell zu bestimmen. Aufgrund der Randbedingungen wurde beschlossen, einen Binder komplett auszubauen und die einzelnen Komponenten im Labor zu testen, um eventuelle Schwachstellen der Konstruktion aufzeigen zu können.

Bild 3: Bohrkernentnahme am bestehenden achteckigen Fundament des Wolfshügelturms

Bei dem zu untersuchenden Dachträger handelte es sich um einen sogenannten Wiegmann-Polonceau-Binder (auch französischer Binder genannt) – ein Tragsystem, welches aus Holz-Druckgurten und sprengwerkgleich darunter angeordneten, metallenen Zugstangen besteht, s. u. a. [6], [7]. Wer im ersten Drittel des 19. Jahrhunderts zum ersten Mal ein

solches System verwirklichte, ist nicht bis ins letzte Detail geklärt. Neben den namensgebenden Ingenieuren Camille Polonceau und Rudolf Wiegmann wird der Franzose Emy genannt. Andere Quellen führen Bauwerke im Ural aus den 1820er Jahren an. Es handelt sich um ein äußerst leichtes und effizientes Tragsystem, was bei der umzubauenden Halle möglichst erhalten werden soll, u. a. auch deshalb, da Gustave Eiffel als Entwurfsverfasser vermutet wird [8].

Bild 4: Im Bereich der Stabanschlüsse und -verbindungen wurden mitunter lokale Gefügeinhomogenitäten gefunden, die zu etwas verringerten Bruchwerten führen konnten

Es waren verschiedenste Versuche durchzuführen, um alle denkbaren Schwachstellen auszuloten. Neben Zugversuchen an geraden Stababschnitten unterschiedlichen Durchmessers waren die Anschlüsse und Verbindungen zu testen: Augen an den Stabenden, Gewinde, aufgeschraubte Muttern sowie Bolzen, Spannschlösser und Verbindungsbleche. Ermittelt werden sollten neben der Versagenskraft stahlspezifische Materialkennwerte wie E-Modul und Streckgrenze. Der leicht gegen die Vertikale geneigte Druckstab wurde als unkritisch eingestuft und war nicht Gegenstand der Untersuchungen.

Insgesamt ergaben die fast 30 Tests, dass es sich um ein sehr ausgewogenes Tragwerk handelt. Keines der einzelnen Tragelemente stellte sich konzeptionell als Schwachstelle heraus. Sehr hohe, ausgewogene Tragfähigkeiten wurden in den geraden Stabbereichen, niedrigere in der Nähe von Anschlussbereichen erzielt (Bild 4). Der Grund ist in der Fertigung zu suchen, wenn bspw. der Anschlussbereich für die Geometrieänderung nochmals erwärmt wurde. Indiz dafür waren lokale Inhomogenitäten in den Bruchflächen. Schwächstes Glied war eines der Spannschlösser. Zum Versagenszeitpunkt befanden sich die anschließenden Stäbe aber bereits im Bereich der Streckgrenze.

Auftraggeber: Freistaat Sachsen, vertreten durch das SMF, vertreten durch das SIB, NL Dresden 1, **Projektpartner**: LAP, Dresden

Danksagung

Die vorgestellten Beispiele geben einen Eindruck von den Möglichkeiten der experimentellen Tragwerksuntersuchung. Wir danken unseren Auftraggebern und Partnern und freuen uns auf zukünftige gemeinsame Projekte.

Literatur

[1] Curbach, M.; Häußler-Combe, U. (Hrsg.): Jahresbericht 2019. Dresden: Institut für Massivbau der TU Dresden, 2020

[2] Curbach, M.; Marx, S.; Häußler-Combe, U. (Hrsg.): Jahresbericht 2020. Dresden: Institut für Massivbau der TU Dresden, 2021

[3] Wellner, S.; Scheerer, S.; Hampel, T.: Untersuchungen des Otto-Mohr-Laboratoriums an historischer Bausubstanz in und um Dresden. In: Curbach, M.; Opitz, H.; Scheerer, S.; Hampel, T. (Hrsg.): Tagungsband zum 9. Symposium Experimentelle Untersuchungen von Baukonstruktionen (SEUB), 21.9.2017 in Dresden. Dresden: Institut für Massivbau der TU Dresden, 2017, S. 207–214

[4] https://de.wikipedia.org/wiki/Landgericht_am_Münchner_Platz_(Dresden) (Aufruf am 22.02.2021)

[5] www.wolfshuegelturm.de (Aufruf am 22.02.2021)

[6] Schädlich, Chr.: Das Eisen in der Architektur des 19. Jahrhunderts. Aachen – Berlin: Geymüller · Verlag für Architektur, 2015

[7] Prokopp, I.: Vom Eisenbau zum Stahlbau – Tragwerke und ihre Protagonisten in Berlin 1850–1925. Diss., Universität der Künste Berlin, 2011, erschienen bei: mdvberlin, 2011

[8] http://www.dresdner-stadtteile.de/Neustadt/Albertstadt/Strassen_Albertstadt/Stauffenbergallee/stauffenbergallee.html (Aufruf am 20.02.2021)

Bildquellen

Bilder 1–3: Sabine Wellner, Bild 4: Silke Scheerer

Schriftenreihe
Konstruktiver Ingenieurbau Dresden
Heft 55

Das 11. Symposium „Experimentelle Untersuchungen von Baukonstruktionen“ (SEUB) fand am 08. März 2021 als digitale Veranstaltung an der TU Dresden statt. Im vorliegenden Buch sind die schriftlichen Beiträge zusammengestellt.

In der Keynote Lecture wurde über Versuche an einem Brückenbauwerk sowohl in situ als auch im Prüflabor berichtet – eine Verifizierung, die nur selten vorkommt. Danach spannte sich der thematische Bogen über die Tragfähigkeit von Gewölbebrücken, berührungslose Messverfahren im Praxistest, über Monitoring und schwingungsbasierte Messungen an Bauwerken hin zu faseroptischen Messsystemen und ihren Einsatzmöglichkeiten bei der Risserfassung. In weiteren Beiträgen wurde eine neue Methode zur verbesserten Bestimmung des Chloridgehalts im Beton vorgestellt, über ein Verfahren zur Spanndrahtbruchdetektion mittels Schallemission und über das Potential des kathodischen Korrosionsschutzes berichtet. Mit einem Bericht über eine erfolgreiche Probebelastung einer mit Carbonbeton verstärkten Plattenbrücke endete die Tagung.

Das 12. SEUB ist für März 2023 geplant.

Der vorliegende Tagungsband ist als digitale Version Open Access auf der Homepage des Instituts für Massivbau der TU Dresden abrufbar.

ISSN: 1613-6934
ISBN: 978-3-86780-665-7