



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN



Institut für
Massivbau

JAHRESBERICHT
ANNUAL REPORT **2022**



**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**

Institut für Massivbau | *Institute of Concrete Structures*

JAHRESBERICHT 2022

ANNUAL REPORT 2022





**„AUCH AUS STEINEN,
DIE DIR IN DEN WEG GELEGT WERDEN,
KANNST DU ETWAS SCHÖNES BAUEN.“**

Erich Kästner

VORWORT <i>FOREWORD</i>	11
FORSCHUNG <i>RESEARCH</i>	12
Forschung am IMB <i>Research at IMB</i>	14
Koordination des SPP Hundert plus <i>Coordination of SPP Hundred plus</i>	16
Brückenmonitoring der Zukunft – prädiktiv statt reaktiv <i>Bridge monitoring of the future – predictive instead of reactive</i>	18
Automatische Texterkennung in Bestandsplänen von Brücken <i>Automatic text recognition of bridge plans</i>	20
smart tendon besteht erste Tests <i>smart tendon passes first tests</i>	22
Unsicherheit als Qualitätsmerkmal von SHM-Systemen <i>Uncertainty as a quality characteristic of monitoring systems</i>	24
Schallemissionsmessung zur Detektion von Spanndrahtbrüchen <i>Acoustic emission measurement for detection of tension wire breaks</i>	26
Big data? Smart data! <i>Big data? Smart data!</i>	28
Datenbank für OS-Jacket-Tragstrukturen <i>Database for offshore jacket substructures</i>	30
Ermüdung von Windenergieanlagen <i>Fatigue of wind energy turbines</i>	32
Betontürme für Windenergieanlagen <i>Concrete towers for wind turbines</i>	34
Wird Beton müde? <i>Does concrete get tired?</i>	36
Lebensdaueruntersuchungen in kurzen Zeiträumen <i>Life cycle analysis in a short time frame</i>	38
Innovative Resonanzversuchsstände <i>Innovative resonance testing facilities</i>	40
Die Suche nach dem heiligen Grahl <i>The search for the holy grail</i>	42
Sanierungsmöglichkeiten von Eisenbahn-Gewölberücken <i>Retrofitting of railroad arched bridges</i>	44
Netzwerkebenen von Eisenbahnbrücken <i>Network layers of railway bridges</i>	46

Die Welle kommt als Zug zurück <i>Tension at the end</i>	48
Verstärkung sei Dank, Perforation gebannt <i>Thanks strengthening, perforation banned</i>	50
Aufprall mit deformierbarem Objekt <i>Collision with a deformable object</i>	52
Impakt-Weichmacher <i>Impact softener</i>	54
Ein Jahr auf den Grund des Polarmeeres <i>One year at the bottom of the polar sea</i>	56
Carbonbetonhaus CUBE fertiggestellt <i>C³ Tech demo house CUBE completed</i>	58
Der erste Schritt zur Norm <i>The first step towards a standard</i>	60
Qualität von Carbonbetonfertigteilen <i>Quality of precast CRC elements</i>	62
Industriestandard für Carbonbeton <i>Industry standard for carbon reinforced concrete</i>	64
Gebrauchstauglichkeit von Carbonbeton <i>Serviceability of carbon reinforced concrete</i>	66
Bewehrungen aus rezyklierten Carbonfasern <i>Reinforcements made from recycled carbon fibers</i>	68
Neue Aufgabe für alte Fasern <i>New task for old fibers</i>	70
Textile Netzgitterträger für Halbfertigteile <i>Textile lattice girder for semi-precast elements</i>	72
Verankern, aber richtig! <i>Anchoring, but properly!</i>	74
Nächster Zug der Druckbemessung <i>Tension in compression design</i>	76
Carbonbetontechnikum in Dresden <i>Carbon reinforced concrete technical center in Dresden</i>	78
SONDERFORSCHUNGBEREICH/TRANSREGIO 280 <i>COLLABORATIVE RESEARCH CENTER/TRANSREGIO 280</i>	80
Interdisziplinäre Forschung im SFB/TRR 280 <i>Interdisciplinary research in the CRC/TRR 280</i>	82
Validierung des numerischen Modells <i>Validation of the numerical model</i>	84



Knickversuche an Carbonbeton <i>Buckling tests on carbon reinforced concrete</i>	86
Ausdehnungstests an Betonproben <i>Expansion tests on concrete samples</i>	88
Forschung ist spannend! <i>Research is exciting!</i>	90
DAS C³-PROJEKT <i>THE C³ PROJECT</i>	92
Aktuelles zum C ³ -Projekt <i>Update on the C³ project</i>	94
LEHRE <i>TEACHING</i>	100
Lehrveranstaltungen des Instituts für Massivbau <i>Lectures at the Institute of Concrete Structures</i>	102
Projektarbeiten <i>Project Works</i>	110
Bachelorarbeiten	117
Diplomarbeiten <i>Master's Theses</i>	117
Abseits des Lehrplans <i>Off the curriculum</i>	126
Preise, Ehrungen und Wettbewerbe <i>Awards, honours and competitions</i>	132
OTTO-MOHR-LABORATORIUM <i>OTTO MOHR LABORTORY</i>	136
Testen auf höchstem Niveau <i>Testing at the highest level</i>	138
Leistungen <i>Services</i>	140
Ausstattung <i>Equipment</i>	142
Im Fokus: Triaxialprüfmaschine <i>In the focus: triaxial testing machine</i>	146
CARBOrefit® – Neuer Name – Neue Produkte – Neuer Inhaber <i>CARBOrefit® – new product – new name – new owner</i>	148

In-situ-Test eines Polonceau-Binders <i>Load test of a Polonceau truss</i>	150
Materialuntersuchungen beim Rückbau <i>Material investigations during dismantlin</i>	152
Lärmschutzwandelemente im Test <i>Tests on noise barrier elements</i>	154
DAS INSTITUT THE INSTITUTE	156
31. Dresdner Brückenbausymposium	159
Ressourceneffizienter Hochbau an der TU Dresden	160
Lange Nacht der Wissenschaft 2022	162
„Beton numerisch – Möglichkeiten, Nebenwirkungen und Risiken“	163
Innovationspreis 2021	164
„POP-UP-Wissen: Wissen schafft Dialog“	164
Pro Teilnehmer ein neuer Baum	165
61. Forschungskolloquium und 9. Jahrestagung des DAfStb 2022	166
Das Buch zum Carbonbetonhaus	168
Abschlussbericht SPP 1542	169
Impressionen von der Baustelle zum Carbonbetonhaus CUBE	170
Promotionen	172
Das Institut in Zahlen und Fakten	176
Publikationen	187
Dank an unsere Förderer	197
Das Team 2022	198
Impressum	199



DER SOMMER DES JAHRES 2022 ...

... war nach den Aufzeichnungen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) der sonnenscheinreichste, drittwärmste und fünftrockenste seit Beginn der Wetteraufzeichnungen. Es gab mehrere intensive Hitzewellen und am 20. Juli 2022 wurden in Deutschland an vier Stationen des DWD mehr als 40 °C gemessen.¹ Die jährliche Durchschnittstemperatur ist zwischen 1881 und 2019 weltweit bereits um über 1,0 °C angestiegen. In Deutschland liegt der Anstieg bereits bei 1,6 °C.²

Wegen dieser und weiterer klimatischer Änderungen liegen unsere Aufgaben klar vor uns: wir müssen den Klimawandel bremsen und wir müssen uns an die veränderten, nicht mehr rückgängig machbaren Klimaänderungen anpassen. Für beide Aufgaben müssen das Bauwesen und damit der Betonbau wesentlich stärker als bisher aktiv werden.

Zur Begrenzung des Klimawandels muss in erster Linie der CO₂-Ausstoß drastisch reduziert werden. Deutschland hat sich das Ziel gesetzt, bis 2045 klimaneutral zu sein. Das sind nur noch 22 Jahre! Wenn man bedenkt, wie langsam neue Entwicklungen im Bauwesen umgesetzt werden, müssen von allen im Bauwesen Handelnden nicht nur zahlreiche disruptive Ideen umgesetzt werden, sondern vor allem muss sich die Geschwindigkeit der Veränderung drastisch erhöhen.

Darüber hinaus müssen wir beobachten, dass durch den bereits stattgefundenen Klimawandel zahlreiche Konsequenzen für die vorhandene gebaute Umwelt existieren: dies betrifft unsere Lastannahmen wie z. B. Wind und Extremregen, aber auch die Gefahr von Überschwemmungen mit ihren Folgen für Bauwerke. Durch das Abschmelzen der Gletscher und Auftauen von Permafrostböden steigt die Ge-

fahr von Erdbeben und damit dynamischen Belastungen durch Steinschlag.

Alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter unseres Instituts sind sich ihrer Verantwortung für die dringend notwendige Transformation des Bauwesens und insbesondere beim Bauen mit Beton bewusst und arbeiten auf den unterschiedlichsten Gebieten für ein klimaneutrales und ressourceneffizientes Bauen. Dabei geht es um neue Materialien und Materialkombinationen wie z. B. Carbonbeton, um neue Entwurfsstrategien, um Digitalisierung, um Monitoring, um Recycling und vieles mehr.

Wir laden Sie ein, sich mit Hilfe unseres Jahresberichts über unsere Aktivitäten zu informieren und sich auch gerne zu beteiligen. Wir sehen uns als einen Akteur unter vielen, wohlwissend, dass wir nur gemeinsam an einer erfolgreichen Transformation des Bauwesens arbeiten können. Kommunikation, Austausch, Weitergabe von Forschungsergebnissen sind die Kernbausteine für Erfolg. Und den brauchen wir alle dringend.

Es versteht sich von selbst, dass wir diese Gedanken auch in der Lehre in den Mittelpunkt stellen, müssen wir doch der nächsten Generation die Möglichkeiten an die Hand geben, klimaneutral und ressourceneffizient zu planen und zu bauen. Die Forderungen der Jugend – sei es über Fridays for Future oder über andere Gruppen – halten wir für äußerst gerechtfertigt und bieten deshalb unsere Erkenntnisse gerne an.

Wir danken unseren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern für ihre Bereitschaft, ihre Ideen, ihre Gedanken und ihr Engagement in unsere wichtige Aufgabe einzubringen, und wir danken all unseren Partnern, Geldgebern und Förderern für ihre Unterstützung. Bitte fühlen Sie sich eingeladen, über die hoffentlich kurzweiligen Texte in unserem Jahresbericht mit uns in Kontakt zu treten, um die gemeinsame Arbeit für das Neue Bauen erfolgreich fortzusetzen.

Manfred Curbach und Steffen Marx

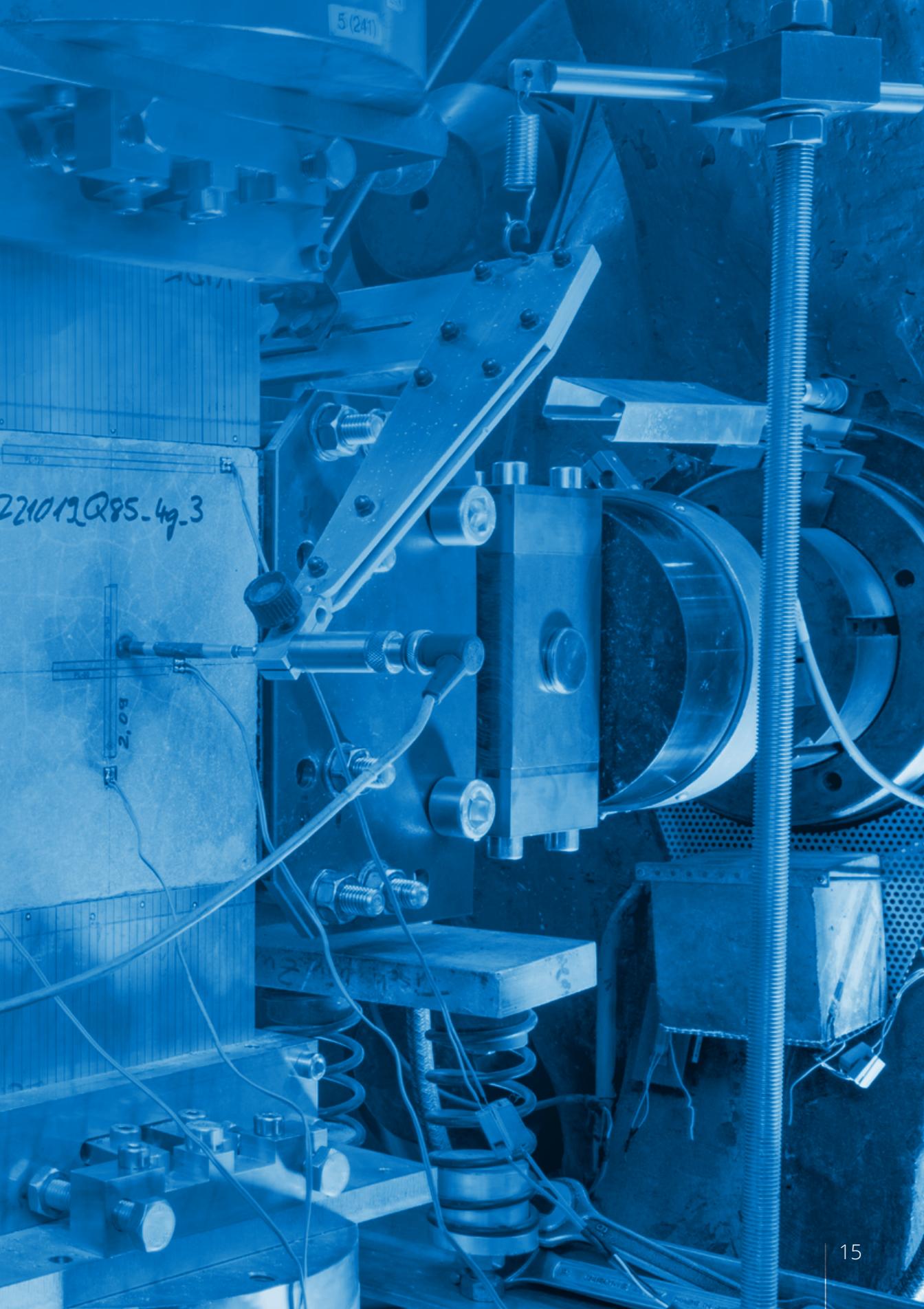
¹ DWD: Faktenpapier 2022 zu Extremwetter in Deutschland
Download unter: https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/aktuelle_meldungen/220928/Faktenpapier-Extremwetterkongress.html,
abgerufen am 13.02.2023.

² BMUV: Extremwetterereignisse. <https://www.bmuv.de/themen/gesundheitschemikalien/gesundheitschemikalien/klimawandel/extremwetterereignisse>, abgerufen am 13.02.2023.



FORSCHUNG

RESEARCH



5 (241)

221019Q85-4g-3

BOIZ

FORSCHUNG AM IMB

RESEARCH AT IMB

Das Institut für Massivbau (IMB) ist eines von elf Instituten der Fakultät Bauingenieurwesen der Technischen Universität Dresden. Am IMB wird in acht Forschungsgruppen zu verschiedensten Themen rund um das Bauen mit Beton geforscht. Die Bandbreite reicht von der Modellierung des Zusammenwirkens einzelner Teilchen, über experimentelle Untersuchungen kleiner Proben und ganzer Bauteile bis zum prädiktiven Instandhaltungsmanagement für Ingenieurbauwerke. Wir beschäftigen uns mit speziellen Materialeigenschaften verschiedenster Betone, deren Verbund zu Stabstahl und faser-

The Institute of Concrete Structures (in short: IMB) is one of eleven institutes at the Faculty of Civil Engineering at the Technische Universität Dresden. At the IMB, research is being carried out in eight research groups on various topics relating to building with concrete. The spectrum ranges from modelling the interaction of individual particles, to the experimental investigation of small samples and whole components, to predictive maintenance management of engineering structures. We deal with special material properties of various concretes from light-weight to ultra-high performance, the combination of



Die Herstellung komplizierter Bauteile wie hier einer Carbonbetonschale ist nur im Team möglich | *The concreting of complex components, such as here a carbon reinforced concrete shell, is only possible in the team* | Photo: Stefan Gröschel

basierten Bewehrungen, mit dem Einfluss unterschiedlichster Lastszenarien vom statischen Standard-Kurzzeitversuch über zyklische Dauerversuche bis zum Impakt, mit innovativen Bauweisen für Neubau und Verstärkung und mit neuen Messmethoden. Technikhistorische Fragestellungen und das Potential rezyklierter Materialien runden das Spektrum ab.

Unsere aktuellen Projekte können verschiedenen Forschungsschwerpunkten zugeordnet werden:

- Carbonbetonbau mit Fokus auf Grundlagenforschung, auf Forschungsprojekten im Rahmen des C³-Vorhabens und auf anwendungsorientierten Forschungsvorhaben inkl. der Unterstützung Dritter bei Zulassungsverfahren,
- Ingenieurbau mit den Schwerpunkten Brückenbau, Windenergieanlagen, digitaler Zwilling und *Smart Structures*, ergänzt durch besondere Themen des Ingenieurbaus,
- Besondere Belastungsszenarien wie Impakt-, zyklische und mehraxiale Beanspruchungen bei Material- und Bauteiltests.

Neben der Grundlagenforschung nehmen gemeinsame Projekte mit Industriepartnern einen hohen Stellenwert ein, denn dies ist die beste Methode, Forschungsergebnisse in die Baupraxis zu überführen. Aufgrund der Fülle der Anfragen wurde das Arbeitsgebiet Auftragsforschung geschaffen. Des Weiteren ist das Otto-Mohr-Laboratorium (OML) seit langer Zeit auf In-situ-Belastungsversuche spezialisiert, mit denen es schon oft gelungen ist, ein Bauwerk vor dem Rückbau zu bewahren und die Weiternutzung zu ermöglichen.

Auch der Austausch mit Wissenschaftler:innen anderer Forschungseinrichtungen hat große Bedeutung. Hierfür sind Verbundforschungsvorhaben prädestiniert. Im Jahr 2022 war das IMB in die DFG-Schwerpunktprogramme 1542, 2020, 2255 und 2388, in das Graduiertenkolleg 2250, den SFB 1463 sowie den SFB/Transregio 280 involviert. Hinzu kommen weitere Verbundvorhaben wie beispielsweise das Zwanzig20-Projekt C³ und das neu ins Leben gerufene Konsortium WIRreFa! Forscherinnen und Forscher des IMB bringen sich zudem in Arbeitsgruppen bei DAfStb und fib nachhaltig ein.

concrete with different reinforcements, with the influence of different load scenarios – from static standardized short-term to long term and cyclic tests to impact – on the load bearing capacity, with innovative construction methods for new buildings and for strengthening and with new measurement methods. Questions concerning the history of civil engineering and the potential of recycled materials round off the spectrum.

Our current projects can be grouped into the following research areas:

- *Carbon reinforced concrete construction with a focus on basic research, research projects within the framework of the C³ project and application-oriented research projects incl. support in approval procedures,*
- *Structural engineering with focus on bridge construction, wind turbines, digital twins and smart structures, supplemented by special topics in structural engineering,*
- *Special loading scenarios such as impact, cyclic and multi-axial loading in material and component tests.*

In addition to pure basic research, joint projects with industrial partners are of great importance as this is the best method to transfer research results into the building practice. Due to the abundance of requests, the work area contract research was established. Furthermore, the Otto Mohr Laboratory (OML) is specialized since a long time in in-situ load tests, with which it has often been possible to save a structure from deconstruction and to enable its further use.

Furthermore, the exchange with scientists from other research institutions is of great importance. Collaborative research projects are predestined for this. In 2022, the IMB was involved in the Priority Programmes (SPP) 1542, 2020, 2255 and 2388, in the Research Training Group (GRK) 2250, the Collaborative Research Center (SFB resp. CRC) 1463 and the SFB/Transregio 280, all funded by the DFG. In addition, there are other joint projects such as the Zwanzig20 project C³ and the newly launched consortium WIRreFa! Researchers at the IMB are also sustainably involved in working groups of the Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (German Committee for Steel-Reinforced Concrete, DAfStb) and fib.



Gruppenfoto beim Kick-off-Meeting des SPP 100+ am 13.09.2022 in Dresden | Group photo at the kick-off meeting of SPP 100+ on 13.09.2022 in Dresden | Photo: Stefan Göschel

KOORDINATION DES SPP HUNDERT PLUS

COORDINATION OF SPP HUNDRED PLUS

Übergeordnetes Ziel des DFG-Schwerpunktprogramms (SPP) 2388 „Hundert plus – Verlängerung der Lebensdauer komplexer Baustrukturen durch intelligente Digitalisierung“ (kurz: 100+) ist eine konzeptionelle und grundlegende Neuausrichtung der derzeitigen Instandhaltungsstrategie von Infrastrukturbawerken. Im Jahr 2021 wurde das Schwerpunktprogramm von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) eingerichtet. Die Ausschreibung für die Einzelprojekte des SPP 2388 wurde am 18.06.2021 veröffentlicht. Anträge waren bis zum 29.10.2021 bei der DFG einzureichen. Nach einem sorgfältigen Begutachtungsverfahren wurden im Sommer 2022 ein Koordinationsprojekt und 19 wissenschaftliche Teilprojekte genehmigt.

Vom 13.09.2022 bis 14.09.2022 fand das Kick-off-Meeting für das SPP 100+ an der TU Dresden statt. Rund 50 Wissenschaftler:innen aus allen 20 Projekten nahmen am Treffen teil. Am ersten Tag stellten die Verantwortlichen der 19 Teilprojekte ihre Vorhaben in kurzen Präsentationen vor. Am Abend fand im Otto-Mohr-Laboratorium des Instituts für Massivbau der TU Dresden eine Abendveranstaltung statt.

The overarching goal of the DFG Priority Programme (SPP) 2388 “Hundred plus – Extending the life of complex building constructions through intelligent digitalisation” (in short: 100+) is a conceptual and fundamental reorientation of the current maintenance strategy of infrastructure structures. In early 2021, the programme was established by the German Research Foundation (Deutsche Forschungsgemeinschaft, DFG). The DFG published the tender for the individual projects of SPP 2388 on 18.06.2021. Proposals had to be submitted by 29.10.2021. After a careful review process, one coordination project and 19 scientific subprojects were approved in summer 2022.

On 13. and 14.09.2022, the kick-off meeting for the SPP 100+ took place at TU Dresden. Around 50 scientists from all 20 projects took part. On the first day, the 19 sub-projects were individually introduced by the contributors of each project with short presentations. In the evening, an evening event took place in the Otto Mohr Laboratory of the Institute of Concrete Structures. On 14.09., the validation structure, the Nibelungen Bridge in Worms, and the coordination project were presented. Afterwards, the

Am 14.09. wurden das Validierungsbauwerk, die Nibelungenbrücke in Worms, und das Koordinationsprojekt vorgestellt. Im Anschluss daran wurden die einzelnen Projekte in fünf verschiedene Cluster eingeteilt. Ziel der einzelnen Cluster ist es, einen besseren Austausch aller Teilprojekte in kleineren Gruppen zu ermöglichen:

- Cluster A: Geometrisch-semantische Modelle,
- Cluster B: Schadensdetektion,
- Cluster C: Monitoring und Simulation,
- Cluster D: Konzepte für den digitalen Zwilling,
- Cluster E: Datengetriebene Methoden.

Nach Abschluss der Clusterbildung bzw. -unterteilung wurden weitere spezifische Themen wie beispielsweise Chancengleichheit, Zusammenarbeit, Ergebnisverwertung und der Transfer in die Praxis diskutiert.

Bis Ende 2022 wurden die 3D-Vermessung des Validierungsbauwerks Nibelungenbrücke via Laserscanning und UAV-Befliegung durchgeführt und das Structural-Health-Monitoring über die zentrale Beschaffung der TU Dresden ausgeschrieben. Darüber hinaus wird bis März 2023 eine zweisprachige Website für das Schwerpunktprogramm fertiggestellt.

individual projects were divided into five different clusters. The aim of this is to enable a better exchange of all sub-projects in smaller groups:

- *Cluster A: geometric-semantic models,*
- *Cluster B: damage detection,*
- *Cluster C: monitoring and simulation,*
- *Cluster D: concepts for the digital twin,*
- *Cluster E: data-driven methods.*

With the completion of the cluster formation resp. subdivision, it was possible to discuss further specific topics such as equal opportunities, cooperation, utilisation of results and the transfer into practice.

By the end of 2022, the 3D survey with laser scanings and UAV flights, which aims to obtain the geometrical shape of the validation structure Nibelungen Bridge in Worms, was completed. Besides, the structural health monitoring was tendered via the central procurement of the TU Dresden. In addition, a bilingual website for the Priority Programme will be completed by March 2023.



Die 3D-Punktwolke der Nibelungenbrücke Worms, erzeugt durch Laserscanning | 3D point cloud of the Nibelungen bridge in Worms generated by laser scanning | Graphic: Christian Hesse (Dr. Hesse und Partner Ingenieure)

► **Titel | Title**

Koordinationsfonds
Coordination funds

► **Förderer | Funding**

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) / SPP 2388

► **Zeitraum | Period**

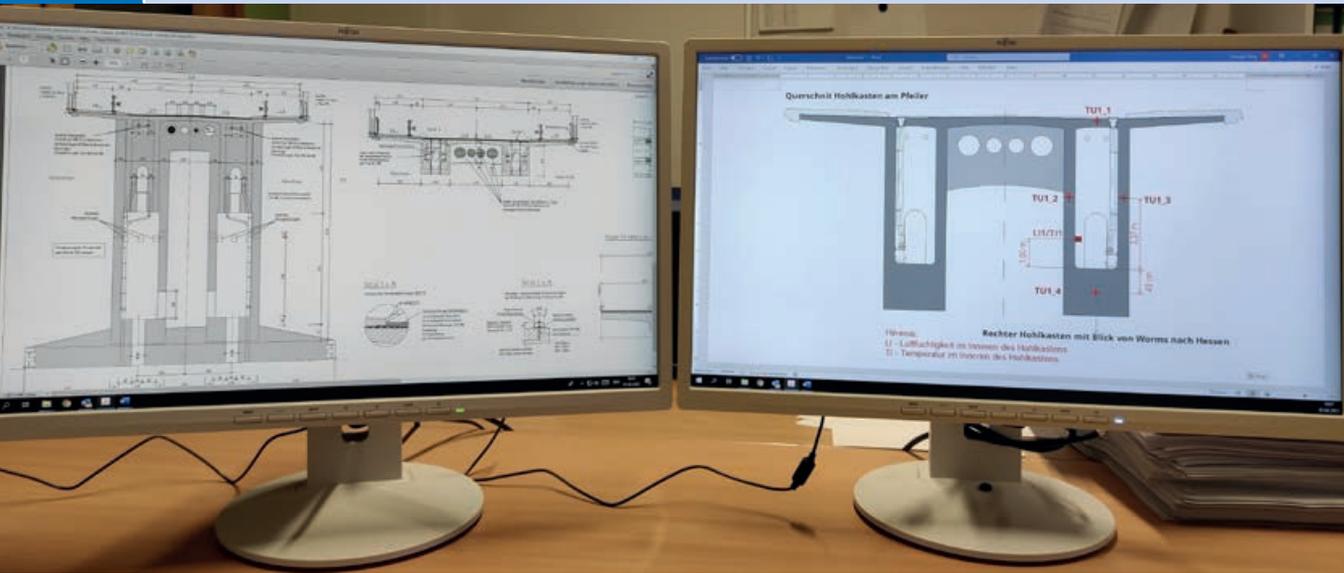
08/2022 – 07/2025

► **Koordinator des SPP 100+ und Projektleiter | Coordinator of SPP 100+ and project leader**

Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx

► **Team | Team**

Dr.-Ing. Chongjie Kang
Samar Aqlan, M.Sc.



Planung des Sensornetzes für die Nibelungenbrücke in Worms | Planning of the sensor network for the Nibelungen Bridge in Worms | Photo: Chongjie Kang

BRÜCKENMONITORING DER ZUKUNFT – PRÄDIKTIV STATT REAKTIV

BRIDGE MONITORING OF THE FUTURE – PREDICTIVE INSTEAD OF REACTIVE

Thema des Dresdner Teilprojekts des Schwerpunktprogramms (SPP) 2388 „Hundert plus“ ist die Erarbeitung einer Entwurfsmethodik für lebensdauerübergreifende Brückenmonitoringsysteme, beginnend bei der Errichtung und Inbetriebnahme des Bauwerks, also zu einem Zeitpunkt, an dem normalerweise keine Schäden vorhanden sind.

Die aktuelle Instandhaltungsstrategie von Brücken ist durch turnusmäßige Vor-Ort-Inspektionen charakterisiert. Die Bauwerke werden alle drei Jahre hinsichtlich Schäden untersucht und diese werden dokumentiert. Dieser analoge Prozess ist personalintensiv und Bauwerksanomalien können nur zeitdiskret erfasst werden. Alle Schäden, die die Sicherheit der Brücke gefährden und zwischen zwei Inspektionen auftreten, können nicht rechtzeitig berücksichtigt werden. Eine kontinuierliche Überwachung in Form eines Brückenmonitorings würde hier Abhilfe schaffen. Das Projektziel besteht daher in der Entwicklung einer

The topic of the Dresden subproject of the Priority Programme (SPP) 2388 “Hundred plus” is the development of a design methodology for cross-life bridge monitoring systems, which start to function with the construction and operation of the structure when no damage is normally present.

The current bridge maintenance strategy is characterized by scheduled periodic on-site inspections. Structures are inspected every three years for damage, which is then documented. This analogous process is work intensive and structural anomalies can only be detected and recorded only a discrete time basis. Any damage that may jeopardize the safety of the bridge that occurs between two inspections cannot be accounted for in time. Continuous detection in the form of bridge monitoring is able to remedy this situation. The objective of this sub-project is, therefore, to develop a methodology that can be used to develop a sensor concept for cross-life monitoring systems.

Methodik, mit der ein Sensorkonzept für lebensdauerübergreifende Monitoringsysteme ausgelegt werden kann.

In der ersten Förderphase liegt der Forschungsschwerpunkt auf dem Verhalten der physikalischen Struktur und den entsprechenden physikalischen Größen, die mit Sensoren gemessen werden können. Das Arbeitsprogramm sieht zwei interagierende Ansätze vor. Zum einen werden mit einem clusterbezogenen Ansatz bestehende Brücken hinsichtlich ihrer kritischsten Schäden systematisch ausgewertet. Zum anderen wird ein objektbezogener Ansatz verfolgt, mit dem ein konkretes Bauwerk hinsichtlich der zu überwachenden physikalischen Größen analysiert wird. Dabei werden sowohl physikalisch basierte Finite-Elemente-Modelle als auch Machine-Learning-Methoden genutzt, datenbasierte Modelle bezüglich ihrer Eignung für die Entwicklung von Sensorkonzepten untersucht. Beide Ansätze münden in der Entwurfsmethode für ein Sensornetzwerk, das an der Nibelungenbrücke im rheinland-pfälzischen Worms validiert wird.

In Kooperation mit dem Zentralprojekt des SPP 2388 „Hundert plus“ wurden erste Sensorapplikationsorte für die Nibelungenbrücke festgelegt. Ein initiales Structural-Health-Monitoring wurde über die TU Dresden ausgeschrieben und extern vergeben. Das Sensorkonzept wird innerhalb des Teilprojektes sukzessive weiterentwickelt und verbessert.

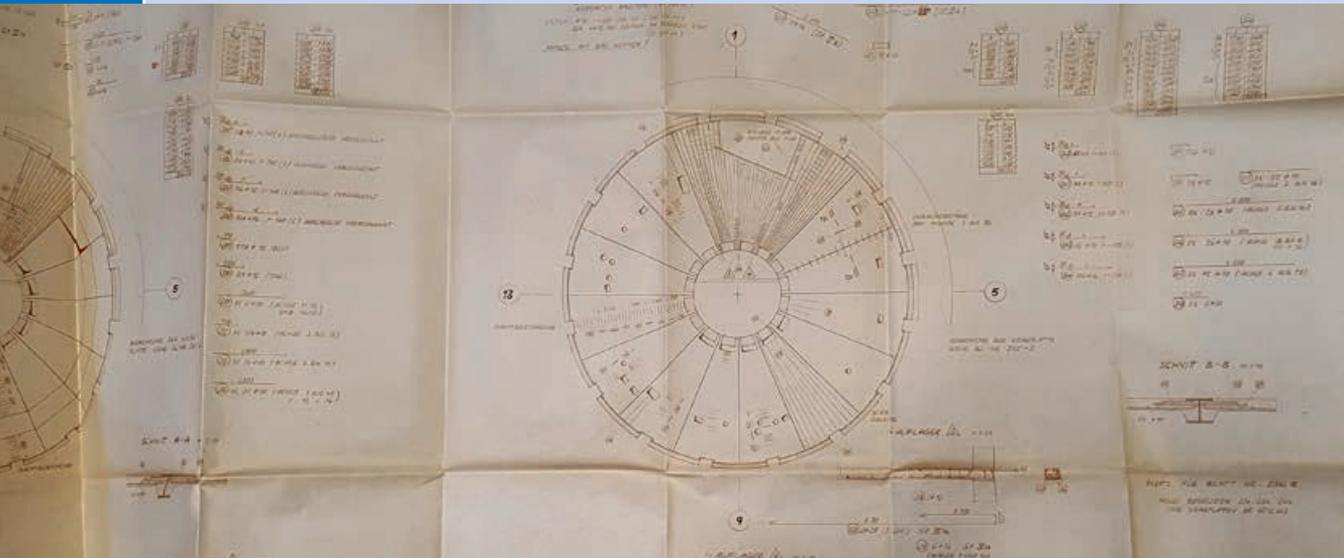


Inneres des Hohlkastens der Nibelungenbrücke Worms | Inside the box girder of the Nibelungen Bridge Worms | Photo: Chongjie Kang

In the first funding phase, the research focus will be on the behavior of the physical structure and the corresponding values, which shall be measured with sensors. The working program of this project includes two interacting approaches. On the one hand, a cluster-based approach will be used to systematically evaluate existing bridges in terms of their most critical damages. On the other hand, an object-related approach will be applied. The structural behavior of a specific construction will be analyzed with regard to the physical values to be monitored. Both physically based finite element models and data-based models using machine learning methods are investigated regarding their suitability for developing sensor concepts. Both approaches will lead to new knowledge in the design method of a sensor network, which will be validated at the Nibelungen Bridge in Worms, Rhineland-Palatinate.

In collaboration with the coordination project of the SPP 2388 “Hundert plus”, the first sensor application sites for the Nibelungen Bridge have been defined. An initial structural health monitoring was tendered via the TU Dresden and sub-contracted externally. This sensor concept will be successively developed and improved within the subproject.

- ▶ **Titel | Title**
Entwurfsmethodik für ein lebensdauerübergreifendes Bauwerksmonitoring bei unbekanntem Schadensprozess
Design methodology for cross-life structural health monitoring with unknown damage process
- ▶ **Förderer | Funding**
Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) / SPP 2388
- ▶ **Zeitraum | Period**
08/2022 – 07/2025
- ▶ **Projektleiter | Project manager**
Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx
- ▶ **Team | Team**
Jan-Hauke Bartels, M.Sc.
Dr.-Ing. Chongjie Kang



Die automatisierte Digitalisierung von Bestandsplänen ist trotz moderner Algorithmen eine Herausforderung | The automated digitisation of construction plans is a challenge despite modern algorithms | Photo: Silke Scheerer

AUTOMATISCHE TEXTERKENNUNG IN BESTANDSPÄNEN VON BRÜCKEN

AUTOMATIC TEXT RECOGNITION OF BRIDGE PLANS

In Deutschland gibt es über 65.000 Brücken in der Verkehrsinfrastruktur. Für die meisten von ihnen existieren keine editierbaren 2D-Pläne, was dazu führt, dass Textinformationen, z. B. für BIM-Modelle, manuell gesucht werden müssen. Für große Sanierungs- oder Ersatzneubauvorhaben ist dieses Verfahren sehr zeit- sowie arbeitsintensiv. Mit einer automatischen Texterkennung, welche im Rahmen des mdfBIMplus-Forschungsprojekts entsteht, soll die Auswertung von Bestandsplänen deutlich vereinfacht werden.

Die Methode der automatischen Texterkennung basiert auf der optischen Zeichenerkennung (OCR), welche mithilfe neuronaler Netztechnik schrittweise verbessert wird. Dadurch können auch gesamte Zeilen eines Textes verarbeitet werden. Erschwert wird die automatische Texterkennung maßgeblich durch verschiedene handschriftliche Ergänzungen auf Bestandsplänen sowie deren unterschiedliche Layouts. Dazu existieren in öffentlichen Quellen, wie Github, verschiedene OCR-Algorithmen mit Handschrift- und Layouterkennungsfunktion. Diese Möglichkeiten zur Text-

In Germany, there are over 65,000 bridges in the transport infrastructure. For the majority of which there are no editable 2D plans. This means that if certain text information from 2D plans is required, e.g., for the purpose of semantically enriching a BIM model, you have to search and find it manually with your eyes. However, the manual implementation of such search functions for 2D plans is too time-consuming and labor-intensive when there is an enormous need for renovations or new replacement of bridges. The automatic text recognition in the course of the mdfBIMplus research project can help here.

The examined method of automatic text recognition of 2D bridge plans is based on optical character recognition (OCR). This technique tends to be improved with the development of the neural network technique for processing the whole rows of the texts.

The two major difficulties in the automatic text recognition of 2D bridge plans are the varied handwritten fonts and complicated layouts of the text in plans. The solutions for this are re-searching some OCR algorithms with handwritten

erkennung werden analysiert und anhand von Textfragmenten aus 2D-Brückenplänen bewertet.

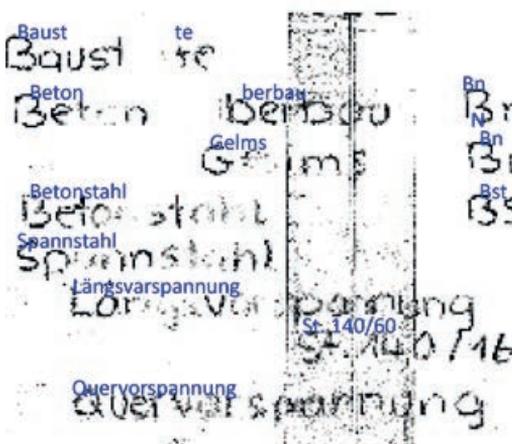
Basierend auf diesen Ergebnissen werden neun Algorithmen ausgewählt: tesseract-ocr, pytesseract, easyocr, keras-ocr, OCRmypdf, PaddleOCR, ocr-Chinese, Handprint und Handwriting-ocr. Die ersten fünf zählen zu den klassischen Methoden im Bereich der Texterkennung und sind darüber hinaus sehr benutzerfreundlich. PaddleOCR und ocr-Chinese sind vergleichsweise weniger umfangreich und müssen daher mit einem Texttrainingsatz aus Plänen vervollständigt werden. Sie sind jedoch in der Lage, das Layout der jeweiligen Pläne zu erkennen. Handprint und Handwriting-ocr können bereits ohne vorheriges Training zur Handschriftenerkennung eingesetzt werden.

Im nächsten Schritt werden die neun Algorithmen getestet. Daraus können die Methoden abgeleitet werden, welche sich am besten zur Texterkennung eignen. Das Ziel besteht darin, eine automatische Suche mit einer Extraktion der benötigten Textinformationen aus 2D-Brückenplänen zu ermöglichen.

recognition and layout recognition capabilities in open sources. In addition, the performances of the OCR algorithm candidates from open sources are evaluated using fragments of the texts from 2D bridge plans.

Based on the results of the algorithm research, 9 algorithms were decided. They are: tesseract-ocr, pytesseract, easyocr, keras-ocr, OCRmypdf; Paddleocr, ocr-Chinese, Handprint and Handwriting-ocr. The first five algorithms are fairly classic in the field of text recognition and are extremely user-friendly. Paddleocr and ocr-Chinese are less pretrained. In order to strive for perfect performance, both need training with the text training set from plans. However, they are capable of layout recognition. Handprint and Handwriting-ocr are absolutely pretrained and professional in handwriting recognition.

The future step is to test the 9 algorithms. After testing, the most appropriate text recognition algorithms for 2D bridge plans can be determined. In the end, the automatic search and extraction of the required text information from 2D bridge plans will be feasible.



Beispiel für die automatisierte Texterkennung eines Schnittes | Example of the automated text recognition of a cross-section | Illustration: Mengyan Peng

► **Titel | Title**

TP der TU Dresden im Verbundvorhaben mdFBIMplus: Teilautomatisierte Erstellung von objektbasierten Bestandsmodellen mittels Multi-Daten-Fusion multimodaler Datenströme und vorhandener Bestandsdaten

SP of Technische Universität Dresden within the joint research projekt mdFBIMplus: Partially automated creation of object-based inventory models using multi-data fusion of multimodal data streams and existing

► **Förderer | Funding**

Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) / mFUND

► **Zeitraum | Period**

12/2021 – 11/2024

► **Teilprojektleiter | Subproject manager**

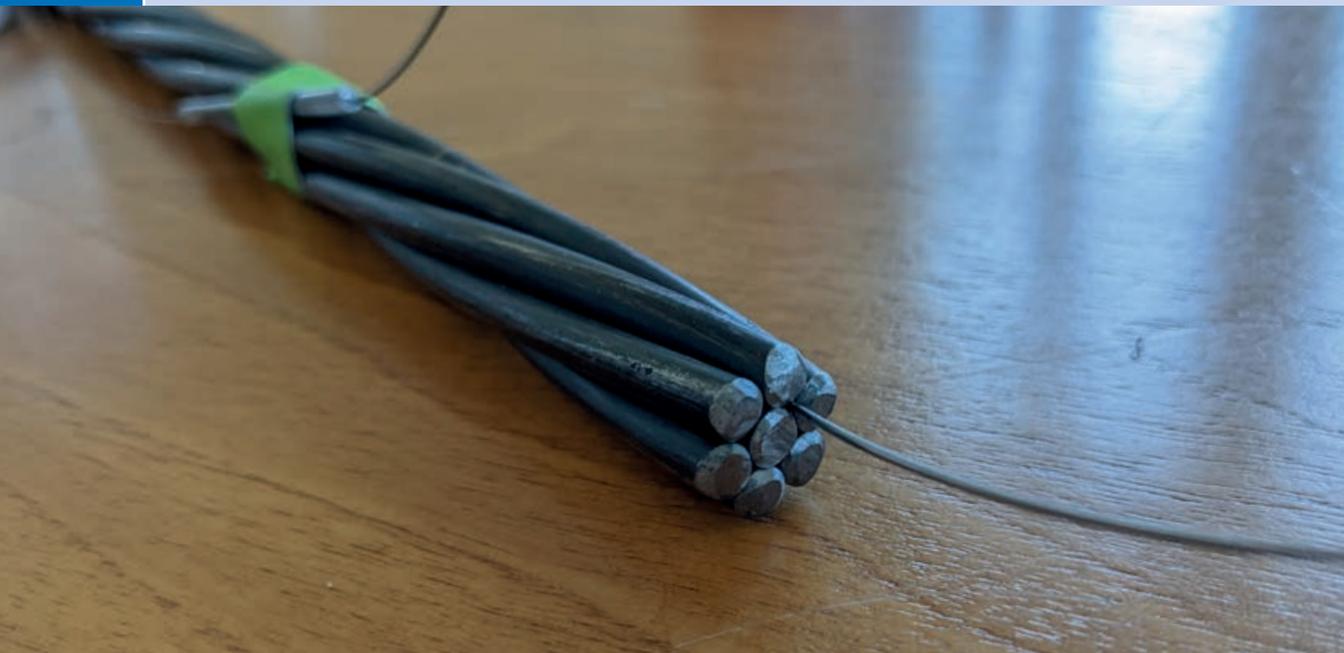
Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx

► **Bearbeiterin | Contributor**

Mengyan Peng, M.Sc.

► **Partner | Partners**

Lehrstuhl und Institut für Baumanagement, Digitales Bauen und Robotik im Bauwesen (ICoM), RWTH Aachen University | Institut für Nachhaltige Technische Systeme (INATECH), Universität Freiburg | albert.ing GmbH, Frankfurt am Main | Galileo-IP GmbH, Altstadt | customQuake GmbH, Hamburg



Das Innere eines smart tendon | The inside of a smart tendon | Photo: Kerstin Speck

SMART TENDON BESTEHT ERSTE TESTS

SMART TENDON PASSES FIRST TESTS

Zur Reduktion des Ressourcenverbrauchs müssen Infrastrukturbauwerke möglichst lange genutzt und effizient unterhalten werden. Dafür werden Brücken regelmäßig geprüft und bei erkannten Schäden einer Nachrechnung und ggf. einem Monitoring unterzogen. Die Partner in diesem Projekt entwickeln Sensoren für Spannbetonbrücken, die als sogenanntes *smart tendon* den Zustand der Brücken über deren gesamte Nutzungsdauer hinweg erfassen. Die favorisierten faseroptischen Sensoren werden dabei direkt in die Spannglieder integriert und ermöglichen eine orts aufgelöste Dehnungsmessung entlang dieser.

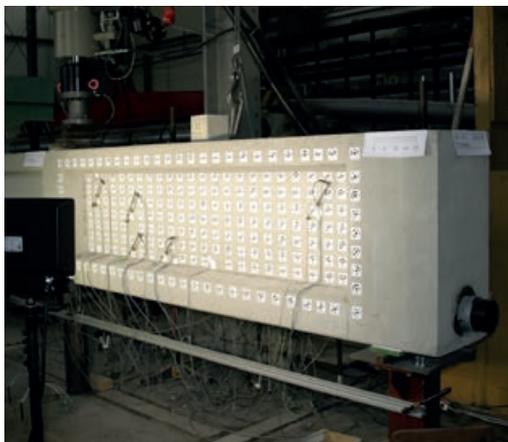
Unsere Partner in Leipzig und Bonn wählten gemeinsam geeignete faseroptische Sensoren aus und optimierten deren Eigenschaften für das geplante Einsatzgebiet. In Spannbetonbrücken kommen bei Vorspannung mit nachträglichem Verbund fast ausschließlich Spannglieder bestehend aus siebendrähtigen Litzen zum Einsatz. Bei diesen werden sechs Außendrähte um einem geraden Kerndraht verlitzt. Die Applikation der Sensoren an den Spanndrähten

To reduce the consumption of resources, infrastructure structures should be used for as long as possible and maintained efficiently. To this end, bridges are regularly inspected and, if damage is detected, recalculated and, if necessary, monitored. The partners in this project are developing sensors for prestressed concrete bridges which, as so-called smart tendons, record the condition of the bridges over their entire service life. The favored fiber-optic sensors are integrated directly into the tendons and enable location-resolved strain measurement along them.

Our project partners in Leipzig and Bonn jointly selected suitable fiber-optic sensors and optimized their properties to suit the planned application. Post-tensioned concrete bridges are mainly using bonded tendons consisting of prestressing seven-wire strands. These strands consist of an outer layer of six parallel wires stranded around a straight core wire. The sensors were applied to the strands in several ways: they ran outside in the gap between two outer wires following the strand surface, outside parallel along the strand axis crossing all outer

erfolgte auf verschiedene Arten: Die Sensoren verliefen außen zwischen zwei Außendrähten der Struktur der Litze folgend, außen parallel zur Litzenachse oder in einem Zwickel zwischen den Drähten. Für Vergleichsmessungen wurden außerdem Sensoren in eine Mulde, die in den Kerndraht eingebracht war, eingeklebt. Bei allen Applikationsverfahren konnte guter Haftschluss zwischen Spannstahl und Faser erzielt werden. Die im Zugversuch an Einzellitzen erzielten Messergebnisse waren gleichwertig mit den Ergebnissen von ebenfalls angebrachten Wegaufnehmern. Lediglich im Bereich der Keilverankerung kam es zu einer lokalen Beeinflussung der Messergebnisse durch den erhöhten Querdruck.

Parallel werden an unserem Institut Spannbetonbalken für großmaßstäbliche Laborversuche konzipiert. In das Versuchskonzept werden die Erkenntnisse der kleinteiligen Versuche genauso integriert wie die Anforderungen aus der Brückenüberwachung. So sollen der reguläre Gebrauchszustand, mögliche Schädigungsszenarien und Versagenszustände im Labor simuliert werden. Die Auswirkungen dieser Zustände auf die Dehnungen im *smart tendon* sollen charakterisiert und automatisiert erkannt werden. Werden die so charakterisierten Dehnungsverläufe zukünftig beim Brückenmonitoring identifiziert, so sind sichere Rückschlüsse auf den Zustand der Brücke möglich.



smart tendons sollen zukünftig Schäden in Brücken detektieren, was sie zunächst in Bauteilversuchen ähnlich dem abgebildeten unter Beweis stellen müssen | *In the future, smart tendons will detect damage in bridges, which they must first prove in structural tests similar to the one shown here* | Photo: Henry Schäfer

wires or inside in the space between the wires. For reference measurements, sensors were also glued into a groove made in the core wire. In all application methods, a good strain transfer between prestressing steel and fiber-optic could be achieved. The tensile test results on single strands were comparable to the results of the additionally installed external displacement sensors. These measurement results were only locally influenced by the increased transversal pressure in the wedge anchorage area.

In parallel, prestressed concrete beams for large-scale laboratory tests are being designed at our institute. The findings of the small-scale tests are integrated into the test concept in the same way as the requirements from bridge monitoring. Thus, the regular service condition, possible damage scenarios and failure conditions are to be simulated in the laboratory. The effects of these conditions on the strains in the smart tendon are to be characterized and detected automatically. If the strain curves characterized in this way are identified in future bridge monitoring, reliable conclusions can be drawn about the condition of the bridge.

► **Titel | Title**

TP der TU Dresden im Verbundprojekt smart_tendon: Erfassung von Bauwerksdaten mittels in Spanglieder integrierter ortsauflösender Dehnungssensoren

SP of Technische Universität Dresden within the joint research project smart_tendon: Acquisition of structural data by means of spatially resolved strain sensors integrated in tendons

► **Förderer | Funding**

Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV)

► **Zeitraum | Period**

11/2021 – 10/2024

► **Teilprojektleiter | Subproject manager**

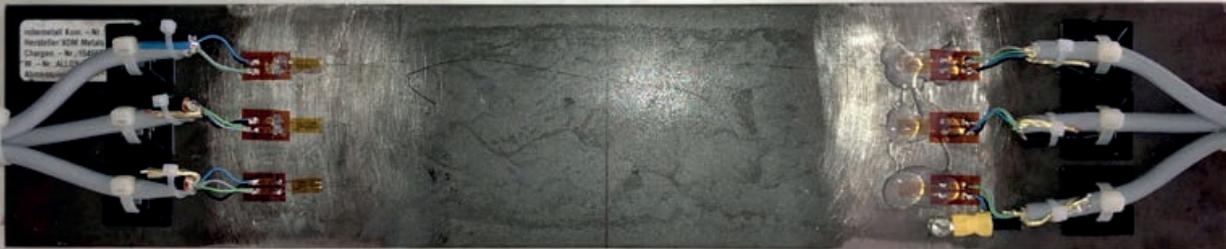
Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx

► **Bearbeiterin | Contributor**

Dr.-Ing. Kerstin Speck

► **Partner | Partners**

Institut für experimentelle Mechanik, HTWK Leipzig | DYWIDAG-Systems International GmbH, Leipzig | MKP GmbH, Weimar | Ingenieurgesellschaft für experimentelle Bauwerksuntersuchung mbH, Leipzig | Solifos Deutschland GmbH, Bonn



Applizierte Einzel-Dehnungsmessstreifen auf dem INVAR-Probekörper | *Applied single strain gauges on the INVAR specimen* | Photo: Jan-Hauke Bartels

UNSICHERHEIT ALS QUALITÄTSMERKMAL VON SHM-SYSTEMEN

UNCERTAINTY AS A QUALITY CHARACTERISTIC OF MONITORING SYSTEMS

Das Teilprojekt C01 im Sonderforschungsbereich 1463 (SFB 1463) verfolgt das Ziel, zuverlässige Informationen von Windenergieanlagen über einen Zeitraum von mehreren Jahren zu erfassen. Das Problem: Messsysteme weisen Messunsicherheiten auf, die mit der Zeit größer werden. Die Messsysteme werden also immer unzuverlässiger und eine Änderung am Bauwerk kann nicht mehr sicher identifiziert werden.

Um die Vergrößerung der Messunsicherheit mit Zahlen zu beschreiben, werden an der TU Dresden Laborversuche mit typischen Messsystemen unternommen. Im Jahr 2022 wurden vor allem kontaktlose Laser-Distanzmessungen realisiert. Hierfür wurden zunächst zeitunabhängige Versuche durchgeführt, die als Vergleichsgrundlage dienen. Im weiteren Verlauf wurden Alterungseffekte innerhalb einer Klimakammer simuliert, die durch geregelte Temperatur- und Luftfeuchtphasen initiiert wurden. Nach wenigen Monaten Versuchslaufzeit zeigten sich bereits erste Alterungserscheinungen innerhalb des Messsystems, die sich

The subproject C01 within the Collaborative Research Center 1463 (CRC 1463) aims to collect reliable information from wind turbines over a period of several years. The problem is that measurement systems have measurement uncertainties that increase over time. The measurement systems therefore become increasingly unreliable and a change in the structure can no longer be reliably identified.

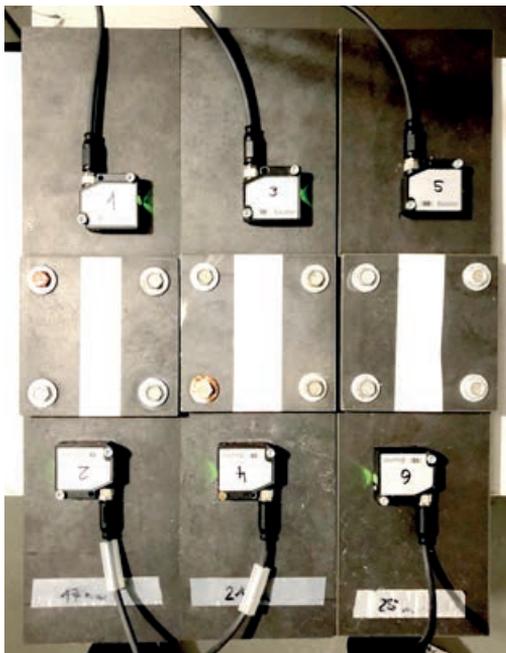
In order to describe the increase in measurement uncertainty with numbers, laboratory tests with typical measurement systems are carried out at TU Dresden. In 2022, mainly laser triangulation sensors were investigated, which allow a contactless distance measurement. For this purpose, time-independent experiments were carried out first, which served as basis for comparison. In the further course of the experiments, aging effects were simulated within a climate simulation chamber, which were initiated by controlled temperature and humidity phases. After a few months of testing, the first signs of aging within the measurement system were already apparent, which were reflected in the successive increase

in der sukzessiven Vergrößerung der Messunsicherheit widerspiegeln. Ferner wurde die Systemantwort des Monitoringsystems auf unterschiedliche Temperaturen durch eine temperaturabhängige Übertragungsfunktion beschrieben. Dieses mathematische Modell bildet die Realität nicht exakt ab, vor allem dann nicht, wenn das Monitoringsystem altert. Hierfür wurde das sogenannte Bayes'sche *Model Updating* implementiert, welches die Modellparameter mit der Zeit aktualisiert und somit eine kontinuierliche Anpassung des mathematischen Modells ermöglicht. Die Realdaten dienen dazu, das mathematische Modell dem realen Monitoringsystemverhalten anzupassen. Dies hilft dem praktizierenden Ingenieur bei der Echtzeitbewertung des Bauwerks, da die Kompensation des alternden Messsystems automatisiert erfolgt.

Weitere Untersuchungen erfolgen mit Dehnungsmessstreifen. Hier wird nicht nur das gesamte Monitoringsystem hinsichtlich seiner Messunsicherheit betrachtet, sondern der Einfluss einzelner Komponenten (Sensor, Kabel, Messverstärker) quantifiziert.

in measurement uncertainty. Furthermore, the system response of the monitoring system to different temperatures was described by a temperature-dependent transfer function. This mathematical model does not accurately represent reality, especially when the monitoring system ages. For this reason, a so-called Bayesian model updating was implemented, which updates the model parameters with time and thus enables a continuous adaptation of the mathematical model. The real data are used to adapt the mathematical model to the real monitoring system's behavior. This helps the practicing engineer in the real-time evaluation of the structure as the compensation of the aging measurement system is automated.

Further research efforts include strain gauges. Here, not only the entire monitoring system is to be investigated with regard to its measurement uncertainty, but the influence of individual components (sensor, cable, measurement amplifier) is to be quantified.



Auf Grundplatte mit Aufkantung applizierte Laser-Triangulationsensoren | *Laser triangulation sensors applied to base plate with upstand* | Photo: Jan-Hauke Bartels

► **Titel | Title**

TP C01: Robuste lebensdauerumfassende Monitoringkonzepte für Offshore-Windenergieanlagen

SP C01: Robuste lifetime monitoring concepts for offshore wind turbines

► **Förderer | Funding**

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) / SFB 1463

► **Zeitraum | Period**

01/2021 – 12/2024

► **Teilprojektleiter | Subproject manager**

Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx

► **Team | Team**

Jan-Hauke Bartels, M.Sc.
Martin Findeisen (Messtechnik)

► **Partner | Partner**

Institut für Risiko und Zuverlässigkeit (IRZ), Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover



Künstlicher Spanndrahtbruch, erzeugt mit einem Dremel | Artificial wire break using a dremel | Photo: Ronghua Xu

SCHALLEMISSIONSMESSUNG ZUR DETEKTION VON SPANNDRAHTBRÜCHEN

ACOUSTIC EMISSION MEASUREMENT FOR DETECTION OF TENSION WIRE BREAKS

In Hybriddtürmen von Windenergieanlagen werden Spannglieder und deren Verankerungen durch hohe dynamische Belastung beansprucht. Wegen dem oft schwierigen Zugang zu den Spanngliedern im Innern des Turms können mögliche Schädigungen nicht unverzüglich detektiert werden. Das Gesamtziel des Projekts ist daher die Entwicklung von Methoden zur effizienten Detektion von Schädigungsereignissen der Spannglieder mithilfe der Schallemissionsanalyse.

Um das Ziel zu erreichen, wurde im Otto-Mohr-Laboratorium ein Spannrahmen aufgebaut, welcher den Randbedingungen einer realen Windenergieanlage entspricht. Der 12 m × 4,1 m messende Spannrahmen besteht aus vier Betonbalken und vier externen Spanngliedern in seinem Innern. Die Spannglieder bestehen aus jeweils 30 einzelnen parallellaufenden Drähten und liegen verbundlos in mit spezieller Korrosionsschutzmasse

In hybrid towers of wind turbines, tendons and their anchorages are stressed with high dynamic loads. Due to the difficult access to the tendons inside the tower, possible damage cannot be detected immediately. The overall goal of the project is therefore to develop methods for efficient detection of damage events of the tendons using acoustic emission analysis.

In order to achieve this goal, a prestressed concrete frame was constructed and built at the Otto Mohr Laboratory, which corresponds to the boundary conditions of a real wind turbine. The 12 m × 4.1 m large frame consists of four concrete beams and four external tendons inside the frame. The unbonded tendons are each located in a pipe filled with special anti-corrosion material. Each tendon consists of 30 individual parallel wires. With a total prestressing force of 700 kN, approximately 23 kN is applied to each individual wire.

gefüllten Spannkämen. Sie wurden auf 700 kN vorgespannt, womit jeder Spanndraht eine Vorspannung von ca. 23 kN erhält.

In dem Spannrahmen werden Schallemissionsmessungen mit verteilten piezoelektrischen Sensoren durchgeführt. Es werden insgesamt 16 Sensoren in Kombination mit unterschiedlichen Vorverstärkern und Dämpfern verwendet. Als Messsystem kommen zwei AMSY-6 mit jeweils acht Kanälen von Vallen Systeme GmbH zum Einsatz. Die Spannglieder werden zuerst an gezielten Stellen freigelegt. Nachdem die Sensoren an den Spanngliedern und umliegenden Bauteilen fest angekoppelt sind, können Spanndrahtbrüche mittels Dremel erzeugt und die dabei auftretenden akustischen Wellen aufgenommen werden. Anschließend werden Schallemissionsparameter wie z. B. Amplitude, Ankunftszeit, Energie etc. extrahiert und abgespeichert. Außerdem werden transiente Wellenformen der Bruchsignale mit einer vordefinierten Abtastrate abgespeichert. Die gespeicherten Signale können nachträglich in Programmen wie z. B. Python oder Matlab bearbeitet werden. Es sind am Ende über 2.000 Einzelsignale an allen Sensoren zu erwarten, was eine gute Basis für die Entwicklung eines Algorithmus zur automatisierten Schadenserkennung ist.



Ein piezoelektrischer Sensor und ein Vorverstärker am Ende eines Spannglieds | A piezoelectric sensor and a preamplifier at the end of a tendon | Photo: Ronghua Xu

Acoustic emission measurements are carried out in the tension frame with distributed piezoelectric sensors. A total of 16 sensors are used in combination with different preamplifiers and dampers. Two AMSY-6 with eight channels each from Vallen Systeme GmbH are used as the measurement system. The tendons are first exposed at targeted locations. After the sensors are coupled to tendons and surrounding components, wire breaks are generated using a dremel. After the experiment is performed, acoustic emission parameters such as amplitude, arrival time, energy etc. are extracted and stored. Transient waveforms of the fracture signals are also stored at a predefined sampling rate. The stored signals can be subsequently processed in programs such as Python, or Matlab. In the end, more than 2,000 individual signals can be expected at all sensors, which form a good basis for the development of an algorithm for automated damage detection.

► **Titel | Title**

TP Experimentelle Untersuchungen und Datenbasis (ExData) im Verbundvorhaben KISWind: KI-unterstütztes Schallemissionsmonitoring zur automatischen Schadenserkennung in Tragstrukturen von Windenergieanlagen

SP Experimental studies and data basis (ExData) within the joint research project KISWind: AI-supported acoustic emission monitoring for automatic damage detection in supporting structures of wind turbines

► **Förderer | Funding**

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)

► **Zeitraum | Period**

07/2020 – 06/2023

► **Teilprojektleiter | Subproject manager**

Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx

► **Bearbeiter | Contributor**

Dipl.-Ing. Ronghua Xu

► **Projektpartner | Project partners**

Institut für Informationsverarbeitung, Leibniz Universität Hannover | Institut für Informatik – FG Mathematik und Informatik, FU Berlin | Marx Krontal Partner, Hannover

► **Assoziierte Partner | Associated partners**

Max Bögl Wind AG, Neumarkt in der Oberpfalz | TÜV Süd Industrie Service GmbH, München



Vorversuche an alten Brückenträgern – Installation der Dauerbelastung | Preliminary tests on old bridge girders – installation of long term loading | Photo: Max Herbers

BIG DATA? SMART DATA!

BIG DATA? SMART DATA!

Infrastrukturbauwerke unterliegen einer stetigen Alterung, weshalb ihr Zustand in regelmäßigen Intervallen händisch inspiziert werden muss. Erst wenn im Rahmen der turnusmäßigen Bauwerksprüfung ein Schaden festgestellt wird, wird eine Instandhaltungsmaßnahme geplant. Dieses reaktive Vorgehen führt dazu, dass Schäden oftmals lange unentdeckt bleiben und es infolgedessen zu erhöhten Sanierungskosten kommt. Zukünftig soll dieses problemorientierte Vorgehen durch ein datenbasiertes, vorrausschauendes und prädiktives Instandhaltungsmanagement abgelöst werden. Grundlage für eine zuverlässige Zustandsbewertung in nahezu Echtzeit ist das Bauwerksmonitoring. Aktuelle Monitoringanwendungen bedürfen jedoch aufwendiger manueller Auswertung, wobei eine Alterung der Messanlage oder Messfehler nur schwierig erkannt werden können.

Im Projekt IDA-KI werden mithilfe des maschinellen Lernens vollautomatisierte Bewertungsalgorithmen für Monitoringdaten entwickelt und in ein lebensdauerübergreifendes Monitoringkonzept ab Stunde null integriert. Die Algorithmen konnten für einen realen Daten-

Infrastructure constructions are subjected to constant ageing, which is why today their condition is to be inspected manually at regular intervals. A repair action is planned only when damage is detected during the regular inspection of the structure. This reactive approach means that damage often remains undetected for a long time, resulting in increased maintenance costs. In the future, this problem-oriented approach is to be replaced by a data-based, predictive maintenance management system. The basis for a reliable assessment of building condition in near real time is structural monitoring. However, current monitoring applications require time-consuming manual evaluation, and it is difficult to detect ageing of the measurement system or measurement errors.

In the project IDA-KI, fully automated evaluation algorithms for monitoring data are developed with the help of machine learning and integrated into a monitoring concept spanning the entire service life from hour zero. The algorithms could already be successfully trained for a real data set of a bridge. For fault detection and correction, it is checked which sensors are correlating with

satz einer Brücke bereits erfolgreich angelernt werden. Für die Fehlerdetektion und -bereinigung wird geprüft, welche Sensoren miteinander korrelieren. Treten bei einem Sensor starke Abweichungen im Vergleich zu den „Partnern“ auf, ist dies ein Indiz für einen Messfehler. Durch den Ansatz der analytischen Redundanz kann auf weitere redundante Sensoren oder ein numerisches Modell verzichtet werden.

Aktuell wird eine Modellbrücke geplant, die baubegleitend mit Sensorik, z. B. mit faseroptischen Sensoren, ausgestattet werden soll. Dadurch können das Monitoringkonzept und die Auswertelgorithmen im Zeitraffer validiert werden. Durch Belastungstests sowie eine gezielte Schädigung redundanter Messtechnik wird erstmalig eine Realdatenbasis geschaffen, die zukünftig eine Unterscheidung zwischen Messfehlern, Einflüssen aus der Alterung der Messanlage und strukturellen Veränderungen am Bauwerk ermöglicht. Zustandsindikatoren sollen eine intuitive Interpretierbarkeit großer Datenmengen ermöglichen. Das Demonstratorbauwerk, welches in Bautzen errichtet wird, wird als Reallabor ausgebaut und dient auch nach der Projektlaufzeit als Ort des wissenschaftlichen Austauschs in der Kohleregion.

each other. If one sensor shows strong deviations compared to its “partners”, this is an indication of a measurement error. The analytical redundancy approach eliminates the need for additional redundant sensors or a numerical model.

A demonstration bridge is currently under planning, which will be equipped with sensors, e.g. with fibre optic sensors, during construction. This allows the monitoring concept and the evaluation algorithms to be validated in fast motion. Employing load tests as well as targeted damage to redundant measurement technology, a real database can be obtained for the first time. In the future, it will therefore be possible to distinguish between measurement errors, influences from ageing of the measurement system and structural changes to the structure. Condition indicators should enable the intuitive interpretability of large amounts of data. The demonstrator, which will be erected in Bautzen, will be expanded as a real laboratory and will also serve as a place for scientific exchange in the coal region after the project period.



Gezielte Schädigung einzelner Spanndrähte | *Planned damage of single tension wires* | Photo: Max Herbers

► **Titel | Title**

TP der TU Dresden im Verbundprojekt IDA-KI: Automatisierte Bewertung der Monitoringdaten von Infrastrukturbauwerken

SP of Technische Universität Dresden within the joint research project IDA-KI: Automated assessment of monitoring data for infrastructure constructions

► **Förderer | Funding**

Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) / mFUND

► **Zeitraum | Period**

01/2022 – 12/2024

► **Verbundvorhabenleiter | Joint project manager**

Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx

► **Teilprojektleiter | Subproject manager**

Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx

► **Team | Team**

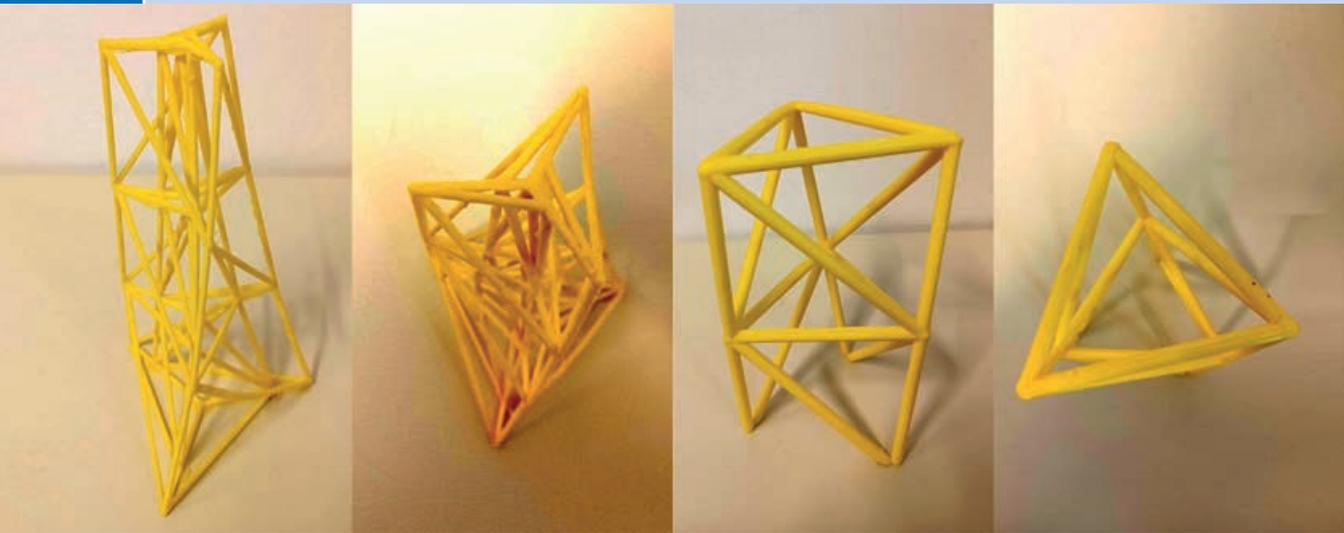
Max Herbers, M.Sc., Dipl.-Ing. Bertram Richter, Dipl.-Ing. Jonas Scharf

► **Partner | Partners**

Institut für Digitales und Autonomes Bauen, TU Hamburg | Marx Krontal Partner GmbH, Weimar | Hentschke Bau GmbH, Bautzen

► **Assoziierte Partner | Associated partners**

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin | Autobahn GmbH, Berlin | Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), Bergisch Gladbach



3D-gedruckte Modelle der verdrehten Offshore-Jacket-Tragstrukturen | 3D printed models of twisted offshore jacket substructures | Photos: Emmanouil Panagiotou

DATENBANK FÜR OS-JACKET-TRAGSTRUKTUREN DATABASE FOR OFFSHORE JACKET SUBSTRUCTURES

Im Vergleich zum konventionellen Hochbau sind die Tragstrukturen von Offshore-Windenergieanlagen (OWEA) unifunktionale Strukturen, die hauptsächlich Lasten übertragen. Der strukturelle Entwurf von OWEA beruht i. A. auf dem theoretischen und praktischen Wissen sowie der Intuition von Ingenieur:innen. In den vergangenen Jahrzehnten wurden Entwurfsverfahren für Offshore-Tragstrukturen (OTS) entwickelt. Die konventionellen Verfahren für OTS basieren auf den strukturellen Nachweisen in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit, der Ermüdung und des Unfalls, die nur einen kleinen Aspekt des Lebensprozesses von Tragstrukturen berücksichtigen. Mit den höheren Anforderungen der Leistungsklassen von OWEA gibt es mehr Einflussfaktoren während des gesamten Lebenszyklus, die die Entwurfsqualität der OTS bestimmen. Daher sind für den integrierten Entwurfsprozess große Entwurfsdatenmengen erforderlich, z. B. Strukturdaten, Standortbedingungen, Informationen über Transport- und Installationsschiffe, Informationen über die Rotor-Gondel-Baugruppe, den Turm usw.

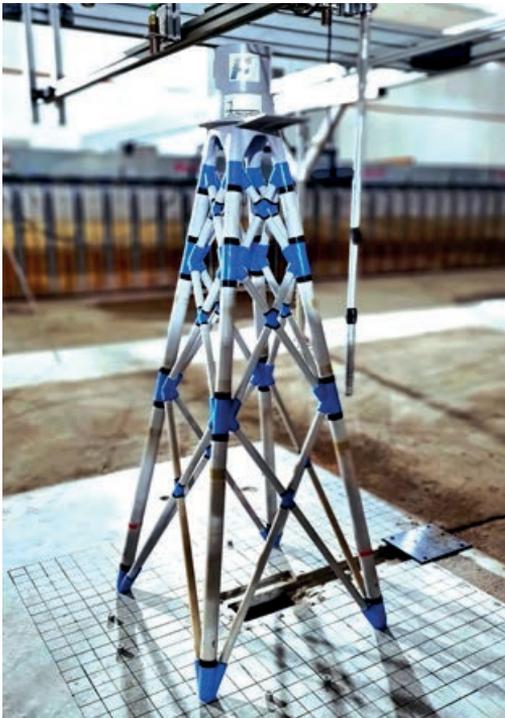
Mit der rasanten Entwicklung der Technologien der künstlichen Intelligenz zeigen die Algo-

Compared to “normal” building structures, the substructures of offshore wind turbines (OWT) are unifunctional structures whose main task is to transfer loads. The structural design of OWT is generally based on explicit theoretical and practical knowledge as well as on the engineers’ intuition. Therefore, the calculation methods for offshore substructures (OSS) have been developed over the past decades. The conventional methods for designing OSS are based on the structural assessments in ultimate limit states, fatigue limit states and accidental limit states, which only consider a small aspect of the life process of the structure. With the higher demands of power classes of OWT, there are more influence factors throughout the life cycle that determine the quality of structural design of OSS. Therefore, large amounts of design data are required in the integrated design process, e.g. structural data, site conditions, information of transport and installation vessels, information of rotor-nacelle assembly and tower, etc.

With the rapid development of artificial intelligence technologies, machine learning (ML) algorithms show advantages in handling large amounts of data in multi dimensions and can identify the complex internal correlations be-

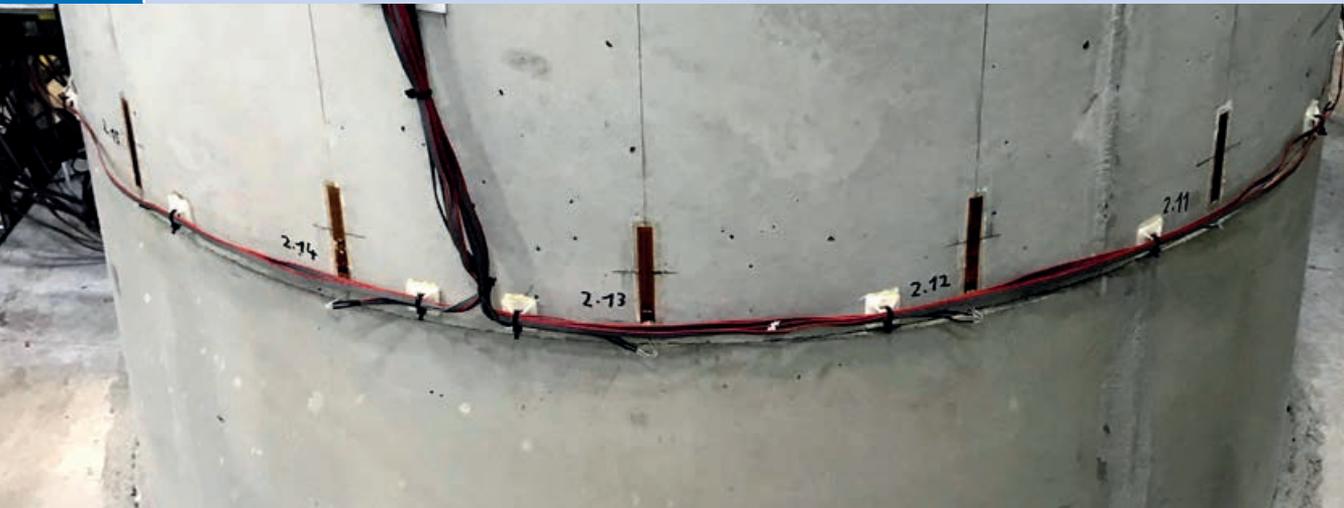
rithmen des maschinellen Lernens (ML) Vorteile bei der Verarbeitung großer Datenmengen in mehreren Dimensionen und können die komplexen internen Korrelationen zwischen den Merkmalen erkennen. Um die Entwurfsdaten zu akkumulieren und Erfahrungen aus bestehenden OWEA-Projekten sowie die Intuition von Ingenieur:innen im Bereich der Offshore-Windindustrie zu nutzen, ist es daher sinnvoll, ein datenbasiertes ML-Modell zur Bewertung der Entwurfsqualität von OTS zu entwickeln. Die aktuelle Arbeit konzentriert sich im ersten Schritt auf die Entwicklung eines ML-Modells, d. h. die Erstellung einer Datenbank mit bestehenden Jacket-OTS in verschiedenen Windparks auf der ganzen Welt und die Erweiterung der Datenbank mit neuen Realisierungen auf der Grundlage bekannter Entwurfsdaten von OTS. Darüber hinaus werden die Datenpunkte jedes Jacket-OTS-Entwurfs für holistische Bewertungen generiert. Die Bewertungsergebnisse sollten in Form von Qualitätsstufen oder -punkten für jeden Jacket-OTS-Entwurf vorliegen und als Labels in der Datenbank verwendet werden.

tween features. In order to accumulate the design data and apply experience from existing OWT projects as well as the intuitions of engineers in the field of offshore wind industry, it is thus meaningful to develop a data-based ML model to evaluate the design quality of OSS. The current work focuses on the first step for developing the ML model, which is to create a database of existing jacket OSS in different wind farms around the world and to augment the database with new realizations based on the existing design data of OSS. Furthermore, data points for each jacket OSS designs will be generated for holistic evaluations from experts and engineers in this field. The evaluation output should be in the form of quality level or scores for each OSS design and used as labels in the database.



Modell der Offshore-Jacket-Tragstruktur für hydrodynamische Tests |
 Model of the offshore jacket substructure for hydrodynamic tests |
 Photo: Mareile Wynants

- ▶ **Titel | Title**
 TP B01: Integrierter Entwurfsprozess für Offshore-Tragstrukturen
 SP B01: Integrated design process for offshore structures
- ▶ **Förderer | Funding**
 Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) / SFB 1463
- ▶ **Zeitraum | Period**
 01/2021 – 12/2024
- ▶ **Teilprojektleiter | Subproject manager**
 Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx
- ▶ **Bearbeiter | Contributor**
 Han Qian, M.Sc.
- ▶ **Partner | Partner**
 Institut für Informatik, Freie Universität Berlin



Instrumentierte Horizontalfuge eines segmentierten Betonturms | *Horizontal joint of a segmented concrete tower with measurement devices* | Photo: Fabian Klein

ERMÜDUNG VON WINDENERGIEANLAGEN FATIGUE OF WIND ENERGY TURBINES

Ein zentraler Baustein für die Reduktion von Treibhausgasemissionen ist der Ausbau der erneuerbaren Energien, wobei die Windenergie eine tragende Rolle einnimmt. Dabei ist nicht nur die effiziente Funktionsweise der Windenergieanlage von Bedeutung, sondern auch die ressourceneffiziente Herstellung der Turmstrukturen. Die im vorangegangenen Verbundforschungsvorhaben *WinConFat* (FKZ 0324016) durchgeführten umfangreichen Ermüdungsuntersuchungen an normal- und hochfestem Beton waren auf die Materialebene ausgerichtet. Jedoch werden von den regelwerksgebenden Gremien zusätzliche, über die reinen Materialuntersuchungen hinausgehende Analysen an Bauteilen verlangt. Im 2022 gestarteten Teilvorhaben des Verbundvorhabens *WinConFat-Structure* wird diese noch ausstehende Übertragung der Ergebnisse von der Materialebene auf die Bauteil- bzw. Bauwerksebene adressiert.

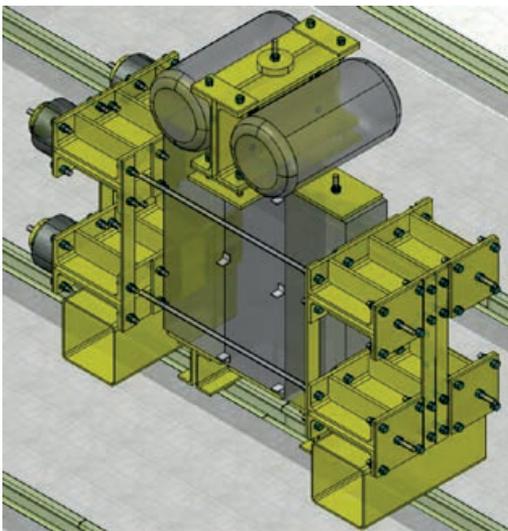
Dabei liegt der Fokus auf drei Schwerpunkten. Im ersten Forschungsschwerpunkt werden der Einfluss der Bewehrung auf die Ermüdungsfestigkeit bei überdrückten Bauteilen an großformatigen Betonbalken experimentell untersucht und die Ergebnisse in numerische Modelle übertragen. Der zweite we-

*A key element in reducing greenhouse gas emissions is the extension of renewable energies, with wind energy playing a leading role. In this context, not only the efficient operation of wind turbines is important, but also the resource-efficient production of tower structures. The extensive fatigue tests carried out on normal and high-strength concrete in the previous joint research project *WinConFat* (FKZ 0324016) were focused on the material level. For the application in design standards, additional analyses on structural components beyond the pure material investigations are demanded by the regulatory authorities. In the 2022 started sub-project of the joint project *WinConFat-Structure*, this still outstanding transfer of results from the material level to the component or structure level is addressed.*

The focus is on three topics. The first research focus is on the influence of reinforcement on the fatigue resistance of overcompressed structural components. The results from fatigue tests on large-scale reinforced concrete beams are transferred into numerical models. The 2nd main research focus is on the fatigue behavior of dry structural joints. Systematic experimental and numerical investigations deliver information in order to analyze the influence of fatigue loaded

sentliche Forschungsschwerpunkt liegt in der Betrachtung des Ermüdungsverhaltens von trockenen Bauteilfugen. Hierzu werden ebenfalls experimentelle und numerische Untersuchungen durchgeführt, um den Einfluss von ermüdungsbeanspruchten horizontalen und vertikalen Fugen in Windenergieanlagen auf das Tragverhalten zu analysieren. Zum Erreichen der notwendigen hohen Lastwechselzahlen wird die erprobte Resonanzprüftechnik verwendet. Es werden Balken- und quaderförmige Prüfkörper mit trockenen und durch Vorspannung überdrückten Fugen untersucht. Im dritten Forschungsschwerpunkt wird eine stochastisch begründete Auswertung des Ermüdungsverhaltens von druckschwellbeanspruchtem Beton durchgeführt, um daraus eine Optimierung des bestehenden Sicherheitskonzepts anzustreben.

Aus allen drei Forschungsschwerpunkten sollen am Ende des Vorhabens Empfehlungen für Bemessungskonzepte hinsichtlich der jeweiligen Schwerpunkte entstehen. Durch die Einbindung des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb) und des Deutschen Beton- und Bautechnik-Vereins E.V. (DBV) als assoziierte Partner wird die Überführung der Empfehlungen in die Bemessungspraxis sichergestellt.



Geplanter Versuchsstand für die Fugenuntersuchungen | Planned test setup for experiments on dry joints | Graphic: Changjie Kang

horizontal and vertical joints in wind turbines on the load-bearing behavior. The application of the proven resonance-based testing technology makes investigations in the necessary high cycle fatigue range possible. The specimens are beams and blocks with dry joints each which are compressed by prestressing. In the third research focus, a stochastically based evaluation of the fatigue behavior of concrete subjected to compressive swell loading is to be carried out in order to optimize the existing safety concept.

At the end of the project, recommendations for design concepts with regard to the respective focal points are to be developed from all three research focuses. The involvement of the Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb, German Committee for Steel-reinforced Concrete) and Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V. (DBV, German Concrete and Construction Technology Association E.V.) as associated partners will ensure the transfer of the recommendations into design practice.

► **Titel | Title**

TP Ermüdungsverhalten von druckschwellbeanspruchtem Beton sowie Stahl- und Spannbetonbauteilen mit und ohne trockene Fugen im Verbundvorhaben WinConFat-Structure: Bauteilermüdung von Windenergieanlagen aus Stahlbeton und Spannbeton unter hochzyklischer Beanspruchung

SP Fatigue behavior of concrete subjected to compressive fatigue loads as well as reinforced and prestressed concrete components with and without dry joints within the joint research project WinConFat-Structure: Fatigue of components of wind turbines made of reinforced and prestressed concrete under high cyclic loading

► **Förderer | Funding**

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)

► **Zeitraum | Period**

05/2022 – 04/2025

► **Verbundvorhabenleiter | Joint project manager**

Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx

► **Teilprojektleiter | Subproject manager**

Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx

► **Team | Team**

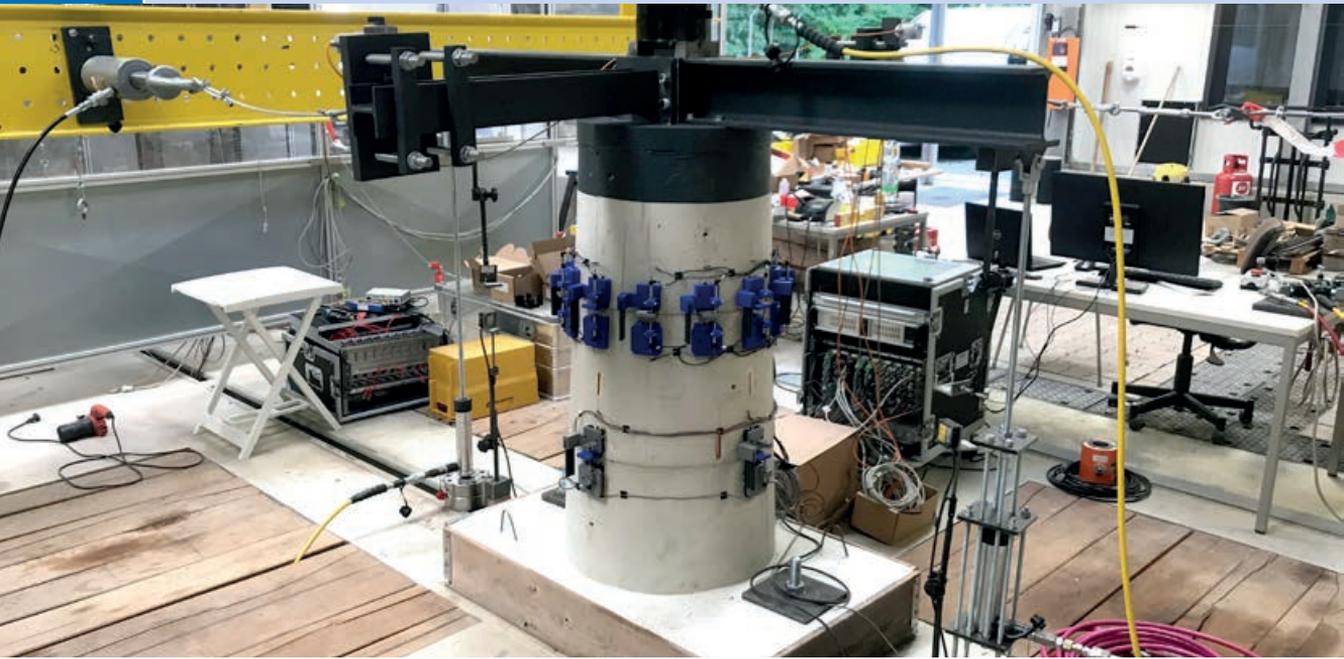
Dennis Birkner, M.Sc., Dipl.-Ing. Clara Schramm, Dipl.-Ing. Florian Füll

► **Projektpartner | Project partners**

Institut für Massivbau, Leibniz Universität Hannover | Institut für Massivbau, RWTH Aachen University | Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Abteilung 7 Bauwerkssicherheit, Berlin

► **Assoziierte Partner | Associated partners**

Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb), Berlin | Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V. (DBV), Berlin | e.disnatur GmbH, Potsdam | H+P Ingenieure GmbH, Aachen | Max Bögl Bauservice GmbH & Co. KG, Neumarkt | Nordex SE & Co. KG, Hamburg | TÜV Nord EnSys GmbH & Co. KG, Hamburg | Vallen Systeme GmbH, Icking



Vorversuche an einer Turmkonstruktion bestehend aus drei übereinandergestapelten Stahlbeton-Kreisringsegmenten | Preliminary tests on a tower structure consisting of three stacked reinforced concrete circular ring segments | Photo: Florian Füll

BETONTÜRME FÜR WINDENERGIEANLAGEN CONCRETE TOWERS FOR WIND TURBINES

Windenergieanlagen leisten aktuell den größten Anteil an der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland. Um die Ausbauziele im Bereich der erneuerbaren Energien jedoch zu erreichen, ist eine weitere Kostensenkung der Windstromerzeugung bei Herstellung und Betrieb unumgänglich. Ein Großteil der Kosten erzeugt die Turmkonstruktion. Steigende Nabhöhen und größere Rotordurchmesser vergrößern zwar die Wirtschaftlichkeit, aber auch die Lasten, sodass bei den nächsten Turmgenerationen signifikant höhere statische und dynamische Beanspruchungen zu erwarten sind.

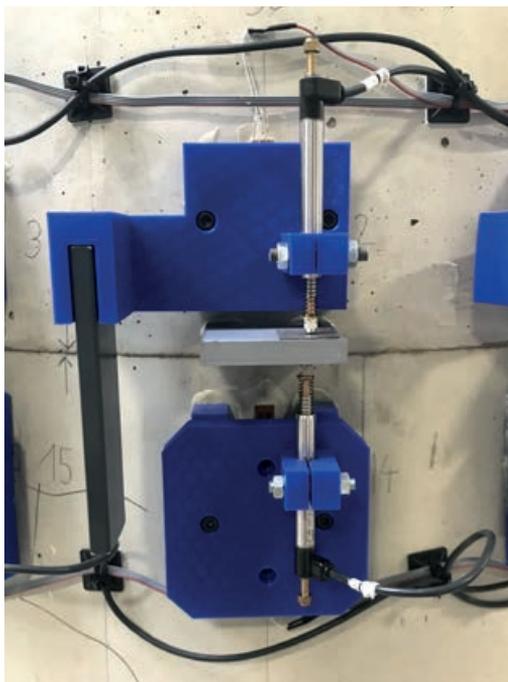
Hybridtürme haben sich v. a. bei großen Nabhöhen etabliert. Bei neuartigen modularen Türmen zerlegen zusätzliche vertikale Fugen die Betonsegmente in kleinere Komponenten. Die Halb-, Drittel- oder Viertelschalen tragen wesentlich zur Reduzierung der Transportkosten und des Montageaufwands bei. Die Zerlegung in einzelne Betonfertigteilstimente führt jedoch zu einem komplexen Tragverhalten, das bisher weder vollständig verstan-

Wind turbines already account for the largest share of electricity generation from renewable energies in Germany. However, in order to achieve the expansion targets in the field of renewable energies, a further reduction in the costs of wind power generation in terms of production and operation is inevitable. In this context, a large part of the costs is attributable to the tower structure. The production of economical tower structures is associated with increasing hub heights and often larger rotor diameters. This development leads to greater loads, so that significantly higher static and dynamic stresses will be expected in the next tower generations.

The so-called hybrid towers have become established, especially for large hub heights. With the new modular tower generation, additional vertical joints break down the concrete segments into smaller components, so that half, third or quarter shells make a significant contribution to reducing transport costs and assembly effort compared to other concepts. However, the division of the tower construction into individual precast concrete segments leads to a complex

den ist noch zuverlässig modelliert werden kann. Im Projekt SMARTower wird das (Fugen-)Tragverhalten von derartigen segmentierten Turmkonstruktionen unter kombinierter Belastung aus Vorspannung, Biegung, Querkraft und Torsion untersucht. Dazu werden sowohl großformatige Versuche an Modelltürmen im Maßstab von etwa 1:10 als auch Detailuntersuchungen an kleineren Turmausschnitten durchgeführt. Ziel der Untersuchungen ist es, den Einfluss von Imperfektionen und Vertikalfugen auf das globale Tragverhalten der Turmkonstruktion und die Tragfähigkeit der Horizontalfugen zu erfassen und zu bewerten. Basierend auf den Ergebnissen sollen realitätsnahe ingenieurmäßige Bemessungsansätze zur Fugentragfähigkeit entwickelt und validiert werden.

Aktuell werden die Tests an den Modelltürmen geplant. Dabei soll im Vorfeld der Versuche ein hochauflösender 3D-Scan durchgeführt werden, um die Ebenheit und Formtreue der Modellsegmente zu erfassen. Mit Hilfe der 3D-Scan-Daten ist nach den Versuchen eine Einschätzung über den Einfluss von Imperfektion auf das Tragverhalten möglich.



Messtechnik zur Überwachung des Fugentragverhaltens | Measurement technology for monitoring the joint load-bearing behavior | Photo: Florian Füll

load-bearing behavior that is neither fully understood nor can it be reliably modelled so far. The research project SMARTower deals with the load-bearing behavior of such segmented tower constructions under combined loading of prestressing, bending, shear force and torsion. For this purpose, both large-scale tests on model towers on a scale of about 1:10 and detailed investigations on smaller tower sections will be carried out. The aim of the investigations is to determine and evaluate the influence of imperfections and vertical joints on the global load-bearing behavior of the tower construction and the load-bearing capacity of the horizontal joints. Based on the results, realistic engineering design approaches for joint load-bearing capacity are to be developed and validated.

The tests on the model towers are currently under planning. In preparation of the tests a high-resolution 3D scan is to be carried out in order to determine the shape accuracy and flatness of the model segments. With the help of the 3D scan data, an assessment of the influence of imperfections on the load-bearing behavior will be possible after the tests.

► **Titel | Title**

TP Einfluss von Imperfektionen und Vertikalfugen auf das (Fugen-)Tragverhalten modularer Turmkonstruktionen für Windenergieanlagen im Verbundvorhaben SMARTower: Bemessung und Lebensdauerüberwachung modularer Turmkonstruktionen für Windenergieanlagen

SP Influence of imperfections and vertical joints on the (joint) load-bearing behavior of modular tower constructions for wind turbines in the joint research project SMARTower: Design and lifetime monitoring of modular tower constructions for wind turbines

► **Förderer | Funding**

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)

► **Zeitraum | Period**

08/2022 – 07/2025

► **Verbundvorhabenleiter | Joint project manager**

Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx

► **Teilprojektleiter | Subproject manager**

Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx

► **Bearbeiter | Contributor**

Dipl.-Ing. Florian Füll

► **Projektpartner | Project partners**

Institut für Statik und Dynamik, Leibniz Universität Hannover | Institut für Geotechnik, Leibniz Universität Hannover | Testzentrum Tragstrukturen Hannover, Leibniz Universität Hannover | Wölfel Engineering GmbH + Co. KG, Hochberg

► **Assoziierte Partner | Associated partners**

Max Bögl Bauservice GmbH & Co. KG, Neumarkt | TÜV SÜD Industrie und Service GmbH, München | ENERCON GmbH, Aurich



Detailansicht eines Hybridturms | Detail view of a hybrid tower | Photo: Max Bögl Wind AG, Reinhard Mederer

WIRD BETON MÜDE? DOES CONCRETE GET TIRED?

Menschen ermüden unter andauernder und wiederholter Anstrengung. Aus der Erfahrung des täglichen Lebens lässt sich sagen, dass diese Ermüdung nicht so sehr durch ein einzelnes Ereignis, sondern durch seine Wiederholung bestimmt wird. Beton kann ebenfalls ermüden, wenn er unter zyklischer Belastung alternierenden Spannungsniveaus ausgesetzt wird, auch wenn diese weit unter der statischen Druckfestigkeit liegen. Das Verständnis dieses Verhaltens ist entscheidend für die Bewertung der langfristigen Zuverlässigkeit von dynamisch belasteten Strukturen, wie z. B. Windenergieanlagen.

In diesem Projekt wird der Ermüdungswiderstand unter einaxialer Druckschwellbeanspruchung von hochfesten Betonen mit unterschiedlichen Rezepturen der Festigkeitsklassen C100/115 und C80/95 untersucht. Dabei handelt es sich um selbstverdichtende, hochfesten Betone, deren Zusammensetzung in einer entsprechenden allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung geregelt ist.

People get exhausted under continuous and repeated physical and mental stress. From the experience of daily life, it can be said that this fatigue is not so much determined by a single event, but by its repetition. Concrete can also fatigue when subjected to alternating stress levels under cyclic loading, even far below the static compressive strength. Understanding this behavior is crucial for assessing the long-term reliability of dynamically loaded structures, such as wind turbines.

In this project, the fatigue resistance under uniaxial compressive swell loading of high-strength concretes of strength classes C100/115 and C80/95 made of different mix compositions is investigated. These are self-compacting, high-strength concretes whose composition is regulated in the corresponding general building approval.

Concrete, cylindrical test specimens were tested under different stress levels. Previous investigations have shown that specimens from the same

Konkret wurden zylindrische Probekörper unter unterschiedlichen Beanspruchungsniveaus geprüft. Vorangegangene Untersuchungen haben gezeigt, dass Probekörper mit derselben Betonrezeptur je nach Belastungsniveau, bei dem sie geprüft wurden, unterschiedliche Arten der progressiven Schadentwicklung aufweisen können. Der Grund dafür sind die komplexen Phänomene der Materialdegradation, die durch Materialeigenschaften von Matrix- und Kontaktflächenmörtel, Zementstein, Gesteinskörnung und Poren beeinflusst werden. Die Spannungsniveaus für die Versuche wurden so gewählt, dass sie das Verhalten der einzelnen Rezepturen unter realen Belastungssituationen charakterisieren. Diese Spannungsniveaus stellen somit Lastfälle dar, die z. B. an einem Nachweisschnitt einer Windenergieanlage eine maßgebende Ermüdungsschädigung verursachen könnten.

Anhand der Versuchsergebnisse wird die Anwendbarkeit des Ermüdungsnachweises nach Model Code 1990 bzw. fib Model Code 2010 für die untersuchten hochfesten Betone geprüft und bewertet. Außerdem wird auf der Grundlage der Versuchsergebnisse empfohlen, wie die Bemessungsdruckfestigkeit unter Ermüdungsbeanspruchungen für die betrachteten Betone zu berechnen ist.

concrete formulation can exhibit different types of progressive damage development depending on the load level at which they were tested. This is due to the complex phenomena of material degradation, which are influenced by material properties of matrix and contact surface mortar, hardened cement paste, aggregate and pores. The stress levels for the tests were chosen to characterize the behavior of the individual formulations under real loading situations. These stress levels thus represent load cases that could, for example, cause significant fatigue damage on a verification section of a wind turbine.

Based on the test results, the applicability of the fatigue check according to Model Code 1990 or fib Model Code 2010 for the investigated high-strength concretes is tested and evaluated. Furthermore, on the basis of the test results, it is recommended how the design compressive strength under fatigue loads is to be calculated for the investigated concretes.



Versagte Betonprobe nach einer zyklischen Belastung | *Concrete specimen after failure due to cyclic loading* | Photo: Stefan Gröschel

► **Titel | Title**

Ermüdungsuntersuchungen an Betonproben hergestellt aus vier unterschiedlichen Rezepturen
Fatigue tests on concrete specimens made from four different mixture

► **Auftraggeber | Client**

Firmengruppe Max Bögl, Sengenthal

► **Zeitraum | Period**

03/2022 – 02/2023

► **Projektleiter | Project manager**

Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx

► **Team | Team**

Raúl Enrique Beltrán Gutiérrez, M.Sc.
Dr.-Ing. Torsten Hampel
Doreen Sonntag, Heiko Wachtel (Versuchsdurchführung)



Ausgebauter und beschädigter Balkenprobekörper | Dismantled and damaged beam specimen | Photo: Dennis Birkner

LEBENSDAUERUNTERSUCHUNGEN IN KURZEN ZEITRÄUMEN

LIFE CYCLE ANALYSIS IN A SHORT TIME FRAME

Die zyklischen Beanspruchungen aus Wind- und Wellenlasten führen über die Lebensdauer zu einer sukzessiven Materialermüdung in den Tragstrukturen von Windenergieanlagen. Diese tritt zunächst in den stärker beanspruchten Randbereichen auf, und als Folge der daraus resultierenden veränderten Steifigkeitsverteilung lagern sich die Spannungen ins Querschnittsinnere um. In diesem Vorhaben wird dieser Effekt anhand von experimentellen und numerischen Untersuchungen näher betrachtet.

Das entwickelte numerische Modell bildet die Steifigkeitsveränderungen im Querschnitt über eine zugrundeliegende Degradationsfunktion ab, die durch die Auswertung von zyklischen Versuchen an Betonzylindern aufgestellt wurde. Auftretende viskose und plastische Betondehnungen können ebenfalls abgebildet werden. Auf experimenteller Ebene wurden Versuche an großformatigen Betonbalken mit einer Spannweite von 4,0 m sowie begleitend Ermüdungs-, Kriech- und statische Versuche an Betonzylindern durchgeführt. Im Fokus des Vorhabens stand die Untersu-

Cyclic loads from wind and waves lead to successive material fatigue in the structural components of wind turbines over the course of their lifetime. This initially occurs in the more stressed edge zones and, as a consequence of the resulting change in stiffness distribution, the stresses are redistributed to the inner part of the cross-section. This effect is examined in more detail in this project by means of experimental and numerical investigations.

The developed numerical model simulates the stiffness changes in the cross-section based on an associated degradation function, which was determined by evaluating cyclic tests on concrete cylinders. Occurring viscous and plastic strains of concrete can also be modelled. On the experimental level, tests were carried out on large-scale concrete beams with a span of 4.0 m and accompanying fatigue, creep and static tests on concrete cylinders. The project focused on the investigation of two concrete types with strength classes C30/37 and C80/95. The evaluation of the accompanying tests yielded the material properties of the

chung von zwei Betonen der Festigkeitsklassen C30/37 und C80/95. Anhand der Begleitversuche konnten die Materialeigenschaften der untersuchten Betone ermittelt und im numerischen Modell berücksichtigt werden.

In den Balkenversuchen konnte, wie vorgesehen, ein Ermüdungsversagen erreicht werden. Die vorgespannten Balken waren so ausgelegt, dass am oberen Querschnittsrand in Feldmitte die größte Spannungsschwingbreite infolge der Ermüdungsbeanspruchung auftrat. Diese führte dann zu Betonabplatzungen mit einer Dicke von mehreren Zentimetern. Diese Querschnittsänderung trat zum Teil schlagartig auf. Aufgrund der hohen Prüffrequenz von 14 bis 16 Hz konnte der Versuch nicht sofort gestoppt werden, sodass bei einigen Balkenprüfkörpern der Restquerschnitt ebenfalls zerstört wurde. Die Balken in diesem Vorhaben waren in Feldmitte ohne schlaffe Bewehrung ausgeführt. Die Frage, inwieweit eine vorhandene Bewehrung das Tragverhalten ändert, ist Teil der Untersuchungen des nachfolgenden, vom BMWK geförderten Verbundvorhabens *WinConFat-Structure* (FKZ 03EE3060).

Im nächsten Schritt fließen die Ergebnisse der Balkenversuche in das numerische Modell mit ein, um eine validierte Untersuchungsmethode zu schaffen, mit der die Lebensdauer und das Tragverhalten von ermüdungsbeanspruchten Betonbauteilen analysiert werden können.

investigated concretes and they could then be taken into account in the numerical model.

The beam tests led to intended fatigue failure in the specimens. The prestressed beams were designed in such a way that the largest stress range due to fatigue loading occurred at the upper cross-sectional edge in midspan. In the tests, this then led to concrete spalling with a thickness of several centimeters. This change in cross-section occurred abruptly in some cases and, due to the high test frequency of 14 to 16 Hz, the load application could not be stopped immediately, so that the residual cross-section of some beam specimens was also destroyed. The beams in this project were designed without reinforcement in midspan. The question whether an existing reinforcement changes the load-bearing behavior is part of the investigations of the BMWK funded joint project WinConFat-Structure (grant no. 03EE3060), which started in May 2022.

In the next step, the results of the beam tests will be taken into account in the numerical model in order to create a validated investigation method that can be used to analyze the service life and load-bearing behavior of components subjected to fatigue loading.



Detailaufnahme eines ungeplanten Ermüdungsbruchs in einem Gewindestab | Detailed view of an unexpected fatigue failure of a threaded rod | Photo: Olaf Menze

► **Titel | Title**

Numerische und experimentelle Untersuchungen zu den Spannungsumlagerungen von ermüdungsbeanspruchten Betonbauteilen im Very-High-Cycle-Fatigue-Bereich

Numerical and experimental investigations on stress redistribution in concrete structures subjected to fatigue loading in the very high cycle fatigue range

► **Förderer | Funding**

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

► **Zeitraum | Period**

09/2019 – 06/2023

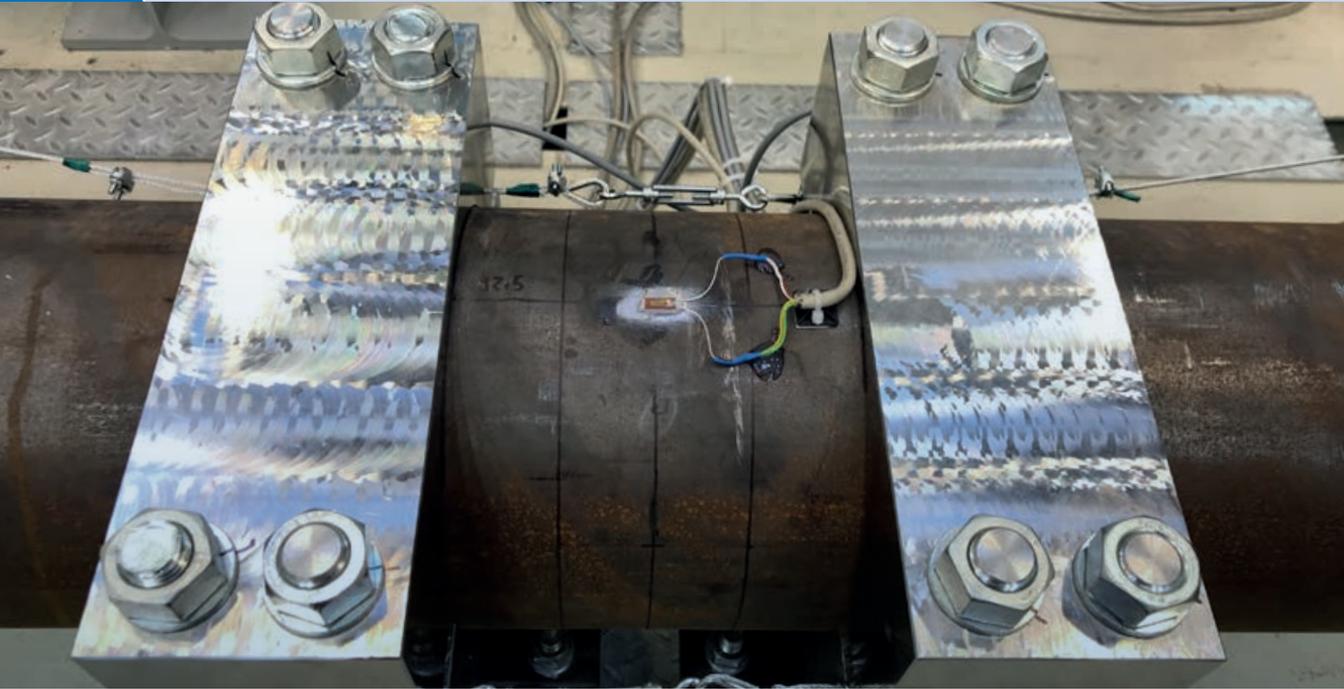
► **Projektleiter | Project manager**

Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx

► **Team | Team**

Dennis Birkner, M.Sc.

René Wallschläger (Versuchsdurchführung)



Mittiger Dehnungsmessstreifen am Demonstrator II, der zur Regelung der beiden Unwuchtmotoren dient | Centered strain gauge on Demonstrator II, which is used to control the two unbalanced motors | Photo: Clara Schramm

INNOVATIVE RESONANZVERSUCHSSTÄNDE INNOVATIVE RESONANCE TESTING FACILITIES

Windenergieanlagen unterliegen im Laufe ihrer Lebensdauer von 25 Jahren hohen zyklischen Beanspruchungen. Insbesondere bei Offshoreanlagen, welche zusätzlich zur Wind- auch eine Wellenbeanspruchung erfahren, können Lastwechselzahlen $> 10^7$ auftreten. Daher sind experimentelle Untersuchungen des Ermüdungsverhaltens an Tragstrukturelementen von Windenergieanlagen von großer Bedeutung. Die Prüfung mit herkömmlichen servohydraulischen Aktuatoren ist infolge der begrenzten Prüffrequenz sehr kostenintensiv. Aus diesem Grund wurde an der Leibniz Universität Hannover eine Resonanzprüfmethode mit synchronisierten Unwuchtantrieben entwickelt. Mit dieser ist es möglich, mit hohen Belastungsfrequenzen > 15 Hz und gleichzeitig geringem Energieaufwand zu prüfen.

Um die Resonanzprüfmethode auch für Großbauteilversuche zu erweitern, wurden zwei Demonstratoren entwickelt: Demonstrator I für axial beanspruchte und Demonstrator II für bie-

Wind turbines are subject to high cyclic loads over the course of their 25-year lifetime. Especially offshore turbines, due to additional wave load, can reach more than $> 10^7$ load cycles. Therefore, experimental fatigue tests of structural wind turbine elements are of great importance. Testing with conventionally servo-hydraulic actuators is very cost-intensive due to the limited test frequency. For this reason, a resonance-based testing method with synchronized unbalanced motors was developed at Leibniz University Hannover. By using this method it is possible to generate cyclic loads with high loading frequencies > 15 Hz and low energy consumption at the same time.

In order to expand the application possibilities of the resonance test method for large component tests, two demonstrators were developed within the framework of the project: Demonstrator I for axially loaded structural elements and Demonstrator II for structural elements under bending. Demonstrator I operates as a cantilever system with hinged bearings. The specimen is placed

gebeanspruchte Tragstrukturen. Demonstrator I funktioniert als Kragarmsystem mit gelenkiger Lagerung. Der Probekörper wird entweder unterhalb (Druckprobe) oder oberhalb (Zugprobe) des Kragträgers platziert. Mithilfe von Zugfedern wird eine Mittellast aufgebracht. Am freien Ende erzeugen zwei gegenläufige Motoren eine vertikal gerichtete Schwingung. Demonstrator II ist als Vier-Punkt-Biegeversuch konzipiert und wird ebenfalls mit zwei gegenläufigen Unwuchtmotoren in vertikaler Richtung angeregt. Um eine unerwünschte Schwingungsweiterleitung in die Umgebung zu vermeiden, wird der Probekörper in den Schwingungsknoten seiner Eigenfrequenz gelagert. Bei Anregung knapp unterhalb der Eigenfrequenzen können somit die Auflagerkräfte stark reduziert und eine problematische Schwingungsübertragung vermieden werden.

Testversuche haben gezeigt, dass Ermüdungsversuche unter Druck- und Zugbeanspruchungen mit dem Demonstrator I realisierbar sind. Die Axialkraft im Probekörper konnte während des Versuchs konstant gehalten werden. Der Demonstrator II bestätigte den enormen Einfluss der Auflagerposition im Bereich der Schwingungsknoten auf die Reduzierung der Auflagerkraft.



Mittig angeordnete Unwuchtmotoren bei Demonstrator II | *Centered unbalanced motors at Demonstrator II* | Photo: René Wallschläger

either below (compression test) or above (tension test) the cantilever beam. Vertically prestressed tension springs were used to apply a specific mean stress to the specimen. At the free end, two contra-rotating unbalanced motors generate a vertically directed oscillation. Demonstrator II is designed as a four-point bending test and is also excited in the vertical direction by two contra-rotating unbalanced motors. To avoid vibrations to the surrounding area, the specimen supports are placed in the vibration nodes of its natural frequency. With an excitation frequency just below the natural frequencies, the reaction forces can thus be greatly reduced and problematic vibration transmission avoided.

First trials showed that fatigue tests under compressive and tensile loads can be realised with the Demonstrator I. The axial fatigue load could be kept constant to the specimen during the test. Demonstrator II confirmed the enormous effect of the support position near the vibration nodes on reducing the reaction forces.

► Titel | *Title*

TP ABT.Reso.TUD: Entwicklung und Optimierung resonanzbasierter Prüfmethode für axial- und biegebeanspruchte Tragstrukturelemente im Verbundvorhaben ResoWind: Resonanzbasierte Prüfmethode für kosten- und zeitoptimierte Lebensdaueruntersuchungen an Tragstrukturelementen von Windenergieanlagen

SP ABT.Reso.TUD: Development and optimization of resonance-based test methods for structural elements under axial and bending loads within the joint research project ResoWind: Resonance-based testing methods for cost- and time-optimized lifetime studies on support structure elements of wind turbines

► Förderer | *Funding*

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)

► Zeitraum | *Period*

12/2019 – 11/2022

► Teilprojektleiter | *Subproject manager*

Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx

► Team | *Team*

Dipl.-Ing. Clara Schramm
René Wallschläger (Versuchsdurchführung)

► Projektpartner | *Project partners*

Testzentrum Tragstrukturen Hannover (TTH), Leibniz Universität Hannover | Fraunhofer-Institut für Windenergiesysteme (IWES), Bremerhaven

► Assoziierte Partner | *Associated partners*

Bauunternehmung Gebr. Echterhoff GmbH & CO. KG, Westerkappeln | Vallourec Deutschland GmbH, Düsseldorf



Verbundzone mit faseroptischem Sensor nach Versagen | Bond zone with fiber-optic sensor after failure | Photo: Marc Koschemann

DIE SUCHE NACH DEM HEILIGEN GRAHL

THE SEARCH FOR THE HOLY GRAIL

Solange mit dem Verbundwerkstoff Stahlbeton gebaut wird, wird daran geforscht, das Zusammenspiel zwischen Bewehrungsstahl und Beton möglichst genau zu beschreiben. Denn das Verbundverhalten beider Werkstoffe bestimmt maßgeblich Rissabstände und Rissbreiten und folglich auch das Last-Verformungs-Verhalten und die Dauerhaftigkeit von Stahlbetonbauteilen. Ein allgemeines Verbundgesetz wäre quasi der „Heilige Grail“ des Stahlbetons. Auf der bisherigen Suche danach konnte man allerdings nur auf Messdaten zurückgreifen, welche in Versuchen außerhalb des Verbundbereichs erfasst wurden.

In gegenwärtigen Untersuchungen werden faseroptische Sensoren auf Bewehrungsstäbe appliziert, um örtliche und zeitliche Veränderungen der Dehnungsverteilung innerhalb des Verbundbereichs aufzuzeichnen. Anhand dieser Daten werden die Beteiligung einzelner Stabrippen sowie der Schädigungsgrad des Betons für verschiedene Belastungszustände abgeleitet. Weitergehend werden ortsabhängige lokale Verbundbeziehungen bestimmt, um allgemeine Gesetzmäßigkeiten des Verbundes zu formulieren.

As long as steel reinforced concrete has been used as a composite material, research has been carried out to describe the interaction between reinforcing steel and concrete as precisely as possible. This is because the bond behavior of both materials decisively determines crack spacing and widths and, thus, the load-deformation behavior and durability of structural components. A general bond law would be quasi the „holy grail“ of reinforced concrete. In the search for it so far, we could only rely on measurement data determined experimentally outside of the bond zone.

Within the scope of current investigations, fiber-optic sensors are applied onto reinforcement bars in order to record local and time-related changes in the strain distribution within the bond area. Based on these data, the participation of individual rebar ribs as well as the degree of damage of the surrounding concrete for different loading conditions is derived. Furthermore, local bond-slip relationships are determined in order to formulate general laws of the bond.

Für die Experimente werden drei Betone mit Festigkeiten zwischen 30 und 70 MPa sowie Ausziehproben und Balkenendkörper verwendet. Weiterer Untersuchungsparameter ist die Verbundlänge, welche in den Versuchen zwischen 16 und 160 mm variiert wird.

Neben den statischen Versuchen werden Probekörper einer Langzeitbelastung ausgesetzt, um das Phänomen des Verbundkriechens zu untersuchen. Dafür wird eine Last von 66 % der statischen Verbundfestigkeit für eine Dauer von 1.000 bis 3.000 h aufgebracht. Infolgedessen wurde in bisherigen Versuchen gegenüber dem Belastungsbeginn ein Verformungszuwachs um einen von Faktor 2,5 bis 3,5 festgestellt. Mit Ausziehproben wurden dabei etwa doppelt so große Schlupfwerte erfasst als bei gleich belasteten Balkenendkörpern. Ergänzend zu diesen Versuchen wird das Risswachstum unter Langzeitbelastung mit Dehnkörpern von 960 mm Länge untersucht. Abhängig vom Querschnitt stellten sich 5 bzw. 8 Risse mit einer durchschnittlichen Rissbreite von 0,20 mm ein, welche sich mit zunehmender Belastungsdauer um etwa 25 % vergrößerten.

Gefördert durch: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages unter dem Förderkennzeichen 1501601.



Balkenendprobekörper unter Dauerbelastung | *Beam-end specimens under sustained loading* | Photo: Marc Koschemann

For the experimental tests, three concretes with strengths between 30 and 70 MPa as well as pull-out specimens and beam end samples are used. A further investigation parameter is the bond length, which is varied in the tests between 16 and 160 mm.

In addition to the static tests, further test specimens are subjected to long-term loading to investigate the phenomenon of bond creep. For this purpose, a load of 66 % of the static bond strength is applied for a duration of 1,000 to 3,000 hours. As a result of tests carried out so far, a deformation increase by a factor of 2.5 to 3.5 compared to the beginning of loading was observed. With pull-out specimens, approximately twice as large slip values were recorded as those with beam end tests subjected to the same load. In addition to the bond tests, crack growth under long-term loading is investigated using 960 mm long tension tie specimens. Depending on their cross-section, 5 or 8 cracks occurred with an average crack width of 0.20 mm, which increased by about 25 % during the load duration.

Supported by: Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Nuclear Safety and Consumer Protection based on a decision by the German Bundestag under project No. 1501601.

► **Titel | Title**

Untersuchung der Rissbreitenentwicklung von Stahlbeton unter Langzeitbelastung anhand lokaler Verbundbeziehungen – KEK

Investigations of the crack width development of reinforced concrete under long-term loading based on local bond relationships – KEK

► **Förderer | Funding**

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV)

► **Zeitraum | Period**

03/2020 – 02/2023

► **Projektleiter | Project manager**

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach

► **Team | Team**

Dipl.-Ing. Marc Koschemann
Rainer Belger, Tino Jänke, Heiko Wachtel, Martin Findeisen,
Doreen Sonntag, Philipp Göbel (Probenherstellung, Messtechnik, Versuchsdurchführung)



Eisenbahnüberführung Tälesbach in der Nähe von Stuttgart | Tälesbach railroad arched bridge near Stuttgart | Photo: Conrad Pelka

SANIERUNGSMÖGLICHKEITEN VON EISENBAHN-GEWÖLBERÜCKEN

RETROFITTING OF RAILROAD ARCHED BRIDGES

Eisenbahn-Gewölbebrücken im Bestandsnetz der Deutschen Bahn haben in vereinzelt Fällen eine Laufzeit von über 150 Jahren. Um die Betriebssicherheit auch für zukünftige Anforderungen hinsichtlich Laststeigerung und Verkehrsdichte sicherzustellen, muss zwischen Bauwerksdiagnostik und Schadensbild der jeweiligen Eisenbahnbrücke ein zielgerichtetes Sanierungskonzept abgeleitet werden. Grundlage ist eine meist bauteilscharfe Schadenskartierung z. B. am Gewölbebogen und an aufgehenden Bauteilen wie dem Widerlagerbereich oder den Flügel- und Stirnwänden sowie die Kenntnis des Gefügebauaufbaus, um passend zu den historischen Bestandsbaustoffen ein sowohl chemisch als auch statisch verträgliches Bauprodukt wählen zu können.

Die Einwirkung mit dem größten Schadenspotential ist die Feuchtigkeit. Diese kann als drückendes oder nicht drückendes Wasser auf Gewölberücken und Widerlagerbereiche einwirken. Drückende Feuchte ist als hori-

In some cases, railroad arch bridges in the existing network of Deutsche Bahn have a service life of more than 150 years. In order to ensure the operational safety also for future requirements, for example with regard to load increase and traffic density, a targeted retrofitting concept must be derived from the structural diagnostics and the damage pattern of the respective railroad bridge. The basis for this is usually a detailed damage mapping, e.g. on the vault arch and on rising components like the abutment area or the wing walls and the end walls, as well as knowledge of the microstructure, in order to be able to select a chemically and statically compatible building product to match the historic existing building materials.

The effect with the greatest damage potential is moisture. This can act on the structure as pressing or non-pressing water on the vault ridges and abutment areas. The pressing moisture is to be considered as horizontal and vertical load and acts with the backfill as a horizontal

zontale und vertikale Last zu berücksichtigen und wirkt mit der Hinterfüllung als horizontal abtreibende Kraft, was häufig zur Längsrissbildung in diesem Bereich führt. Durch die Feuchte und die fehlende Quertragwirkung kommt es zu immer größer werdenden Schäden. Durch eine Generalsanierung kann z. B. über eine Querverspannung das historische Bauwerk in dem Gewölbebereich stabilisiert werden. Des Weiteren können Hohl- und Fehlstellen mit einer Tiefenverfugung bzw. einem Ersatz durch Mauerwerksbereiche wieder kraftschlüssig geschlossen werden. Um eindringende Feuchte fernzuhalten, sind der Gewölberücken freizulegen sowie Hinterfüllung und Auffüllung durch schubfeste Produkte auszutauschen, um auf diesem Planum die Fahrbahnplatte auszubilden. An deren Ende sind Entwässerungspunkte zu definieren, um die Oberflächen- und Sickerfeuchte über ein Filtersteinsystem abzuführen.

Mit einer entsprechenden Schwarzabdichtung und einer Schutzbetonebene auf der Fahrbahnplatte sowie aufgesetzten Kappen ist die Gewölbebrücke gleichzeitig mit einem neuen Schutz- und Sicherheitsraum ausgestattet. Mit diesem umfänglichen Sanierungskonzept kann eine so sanierte Gewölbebrücke mindestens weitere 50 Jahre im Netz der Deutschen Bahn betrieben werden.

drifting force against the inside of the end wall, which often leads to longitudinal cracking in this area. Exposure to moisture and the lack of a transverse support structure lead to ever-increasing damage. The historic structure can be stabilized in the vault area by means of a general renovation, e.g. with a transverse bracing. Furthermore, cavities and defects can be closed by deep grouting or replacement by masonry areas. In order to keep out penetrating moisture, the vault ridge is to be exposed, the backfill is to be replaced by shear-resistant products in order to form the roadway slab on this subgrade. At the end of this slab, drainage points are to be defined to remove the surface and seepage moisture via the filter stone system.

With an appropriate black seal and a protective concrete level on the carriageway slab as well as caps placed on top, the arch bridge is simultaneously equipped with a new protective and safety space. With this comprehensive rehabilitation concept, an arch bridge can be operated again in the Deutsche Bahn network for more than 50 years.



Längsrisse auf der Gewölbeinnenseite bei der Brücke Tälesbach | Longitudinal cracks on the inner side of the arch of Tälesbach bridge | Photo: Conrad Pelka

- ▶ **Titel | Title**
 Fahrbahnwannen auf Gewölbebrücken
Trough constructions on arch bridges
- ▶ **Förderer | Funding**
 DB Netz AG, Frankfurt am Main
- ▶ **Zeitraum | Period**
 01/2020 – 12/2023
- ▶ **Projektleiter | Project manager**
 Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx
- ▶ **Bearbeiter | Contributor**
 Conrad Pelka, M.Sc.



Das Göhrener Viadukt (1872) | The Viaduct in Göhren (1872) | Photo: Kerstin Speck

NETZWERKEBENEN VON EISENBAHNBRÜCKEN

NETWORK LAYERS OF RAILWAY BRIDGES

Im Rahmen des SPP 2255 „Kulturerbe Konstruktion“ wird die Entwicklung des Eisenbahnbrückenbaus in der Phase der Hochmoderne momentan interdisziplinär als Gegenstand der Bautechnikgeschichte und der Denkmalpflege erforscht. Dafür laufen die Kompetenzen des Instituts für Massivbau der TU Dresden und des Niedersächsischen Landesamtes für Denkmalpflege in dem Forschungsprojekt „Eisenbahnbrücken – Denkmale im Netz“ zusammen. Eine grundlegend neue Herangehensweise ist dabei die Betrachtung der Bauwerke als Teile eines Netzes sowie deren inhärente Veränderungsgeschichte, wodurch eine Erweiterung des Denkmalbegriffs erforderlich und möglich wird. Dabei wird das einzelne Bauwerk als Element der dynamischen Entwicklung des komplexen Netzwerks „Eisenbahn“ verstanden.

Das übergreifende Eisenbahnnetz hat weitgehende Auswirkungen auf die Stadt-, Siedlungs- sowie Landschaftsplanung und greift dadurch tief in die kulturhistorischen Entwicklungen der Moderne ein. Das Netzwerk kann

As part of SPP 2255 “Construction as cultural heritage”, the development of railway bridge construction in the phase of high modernity is currently being researched in an interdisciplinary manner as a subject of the history of construction technology and monument preservation. For this, the competences of the Institute of Concrete Structures of TU Dresden and of the Heritage Office of Lower Saxony are working together in the project “Railway Bridges – Monuments in the Network”. A fundamentally new approach is the consideration of the structures as parts of a network as well as their inherent history of change, which makes an expansion of the concept of monuments necessary and possible. The individual building is understood as an element of the dynamic development of the complex network “railway”.

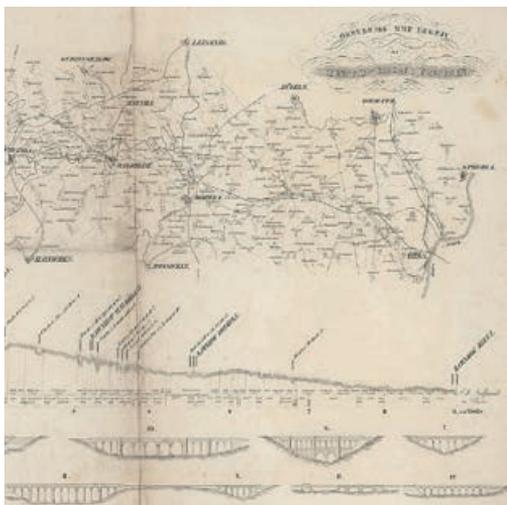
The overarching infrastructural railway network has far-reaching effects on urban, settlement and landscape planning, and thus has a profound impact on the cultural-historical developments of modernity. However, the network cannot only be related to the railway network, but can be

dabei aber nicht nur auf das Streckennetz bezogen werden, sondern es lässt sich um verschiedene Ebenen erweitern. Dazu zählen die jeweils maßgebenden Institutionen, Materialverfügbarkeiten sowie die Konstruktionstypen selbst, die auf den Bau einer Eisenbahnbrücke Einfluss hatten. Eisenbahnbrücken werden von vielen Faktoren beeinflusst und können daher in ihrer denkmalpflegerischen Bewertung nicht nur als Einzelbauwerke betrachtet werden. Als Teil eines Streckennetzes müssen sie ihre Infrastrukturaufgabe erfüllen und eine Strecke überführen. Aufgrund dieser klar definierten, dauerhaften Funktion ist ein notwendiges Maß an Veränderbarkeit von Eisenbahnbrücken zu gewährleisten. Demgegenüber stehen die Ziele der Denkmalpflege, die eine größtmögliche Erhaltung sowie die Integrität und Authentizität der Bauwerke fordern. Dies führt immer wieder zu Herausforderungen und macht eine kritische Auseinandersetzung mit beiden Belangen erforderlich.

Zudem sind Eisenbahnbrücken sich stetig verändernde Bauwerke, da ihre Funktionalität und ihr Erhaltungswert durch Instandhaltung, Reparatur und Erneuerung aufgrund erhöhter Anforderungen gesichert werden müssen. Diese Veränderungsgeschichte der Eisenbahnbrücken ist rückblickend Teil des Denkmals und vorausblickend Randbedingung für jedes denkmalpflegerische Konzept.

extended to various layers. These include the relevant institutions, the availability of materials and the construction types themselves, which has influences on the construction of a railway bridge. Railway bridges are influenced by many factors and can therefore not only be considered as individual structures in their monument conservation assessment. As part of a network, railway bridges have to fulfil their infrastructural function and carry a line. Due to this clearly defined, permanent function, a necessary degree of changeability of railway bridges must be ensured. In contrast to this are the goals of monument preservation, which demand the greatest possible preservation as well as the integrity and authenticity of the structures. This always leads to challenges and makes a critical examination of both interests necessary.

In addition, railway bridges are constantly changing structures, as their functionality and conservation value must be secured through maintenance, repair and renewal due to increased demands. This history of change in railway bridges is, in retrospect, part of the monument and, looking ahead, a boundary condition for any monument preservation concept.



Grundriss und Profil der Chemnitz – Riesaer Eisenbahn mit Brücken (Planauszug) | *Ground plan and profile of the Chemnitz – Riesa railway with bridges (plan excerpt)* | Photo: SLUB / Dt. Fotothek Nr.: KS 3421

- ▶ **Titel | Title**
Eisenbahnbrücken – Denkmale im Netz
Railway bridges – Monuments in the network
- ▶ **Förderer | Funding**
Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) / SPP 2255
- ▶ **Zeitraum | Period**
10/2020 – 09/2023
- ▶ **Projektleiter | Project manager**
Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx
- ▶ **Bearbeiterin | Contributor**
Johanna Monka-Birkner, M.Sc.
- ▶ **Projektpartner | Project partner**
Niedersächsisches Landesamt für Denkmalpflege,
Hannover



Ein Spallationsprobekörper nach dem Versuch | A spallation specimen after the test | Photo: Lena Leicht, Stefan Gröschel

DIE WELLE KOMMT ALS ZUG ZURÜCK

TENSION AT THE END

Spallationsversuche werden zur Bestimmung der dynamischen Zugfestigkeit unterschiedlicher Materialien durchgeführt. Bei diesen Versuchen wird ein Split-Hopkinson-Bar (SHB) verwendet, um zunächst eine mechanische Druckwelle in den Probekörper einzuleiten. Anders als bei normalen Druckversuchen im Split-Hopkinson-Bar befindet sich allerdings kein Ausgangsstab am Ende des Probekörpers. Am somit freien Probekörperende wird die Druckwelle in den Probekörper zurück reflektiert und dadurch in eine Zugwelle umgewandelt. Dabei ist wichtig, dass die Druckwelle, die zunächst den Probekörper durchläuft, diesen nicht vorschädigt und dass die Amplitude der Reflexion am Ende des Probekörpers gleichzeitig groß genug ist, um bei diesem ein Zugversagen herbeizuführen.

Diese Spallationsversuche wurden auch zur Prüfung der Verbundeigenschaften zwischen Beton und Bewehrungsstahl genutzt. Die Probekörper wurden von einer Nut, die nachträglich in den Beton geschnitten wurde, in zwei Segmente geteilt. Der Bewehrungsstab war im ersten Segment vollständig eingebettet, während sich die Länge der Verbundzone im zweiten Segment auf den zweifachen Stabdurchmesser beschränkte.

Das Verbundversagen trat deshalb im zweiten Segment auf. Die Nut wurde im Versuch mit Stahlscheiben geschlossen, um die Druckwelle übertragen zu können. Die zurückkehrende Zugwelle beanspruchte ausschließlich die Verbundzone. Das somit ausgelöste Verbundversagen wurde messtechnisch durch zwei

Spallation experiments are carried out to determine the dynamic tensile strength of different materials. The experiments involve generating a compressive stress wave using a split Hopkinson pressure bar (SHPB) that travels through the specimen. However, by contrast to regular SHPB experiments, no output bar is located at the end of the specimen. Instead, the reflection of the compressive wave returns as a tensile wave from the free end of the specimen. On the one hand, preventing premature damage to the specimen due to the compressive wave is essential. On the other hand, the amplitude of the reflected tensile wave must be high enough to lead to the tensile failure of the sample.

Using spallation experiments for testing, the bond between concrete and a reinforcement bar under dynamic loading conditions is also possible. After the casting, the specimens were notched. The notch separated the specimen into two segments connected only by the reinforcement bar that was embedded entirely in the first segment. The bond length was only twice the rebar's diameter in the second segment.

This resulted in a bond failure that occurred in the second segment. To be able to transfer the compressive wave, steel washers filled the notch. The returning tensile wave then loaded the bond zone. Two high-speed cameras and an optical extensometer recorded the displacements and the bond failure.

To investigate possible experimental configurations, we used a numerical model with a pre-defined bond law and validated the evalu-

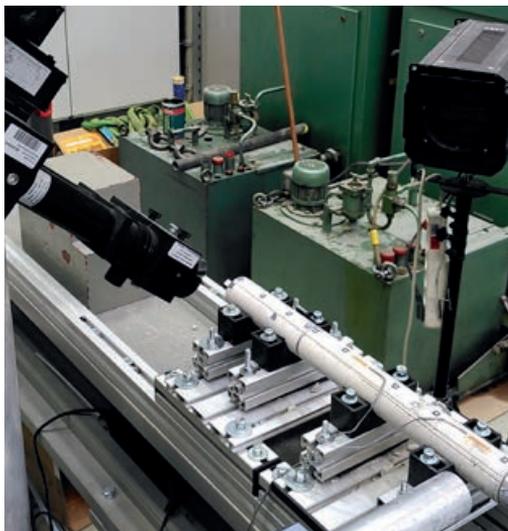
Highspeedkameras und einen optischen Extensometer erfasst.

Mit Hilfe des numerischen Modells mit einem vorgegebenen Verbundgesetz wurden mehrere mögliche Versuchskonfigurationen untersucht. Darüber hinaus wurde das Verfahren zur Auswertung der experimentellen Daten anhand der Verschiebungen validiert, die an denselben Positionen wie im Experiment ermittelt wurden. Es wurde gezeigt, dass die Beschleunigung des zweiten Segments zur Berechnung der Rückzugskraft verwendet werden kann, die der Verbundkraft entspricht. Die Öffnung der Nut entspricht dann dem Schlupf. Das detaillierte numerische Modell wurde verwendet, um die Rissstruktur zu visualisieren, und gab Einblicke in die Entwicklung der lokalen Spannungen.

Gefördert durch: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages unter dem Förderkennzeichen 1501566.

ation procedure of the experimental data based on the displacements obtained at the same positions as in the experiment. We showed that the acceleration of the second segment could be used to calculate the pull-back force that corresponds to the bond force. The opening of the notch corresponds to the slip of the bar. Finally, we used a detailed numerical model to visualize the crack patterns and provide insights into the development of local stresses. Overall, this project contributes to understanding dynamic material properties and the bond between concrete and reinforcement bars under dynamic loading conditions.

Supported by: Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Nuclear Safety and Consumer Protection based on a decision by the German Bundestag under project No. 1501566.



Spallationsprobekörper im Versuchsstand | *Spallation specimen in the testing rig* | Photo: Lena Leicht

- ▶ **Titel | Title**
 Verbund zwischen Beton und Bewehrungsstahl bei hohen Belastungsgeschwindigkeiten
Bond between concrete and steel under high loading rates
- ▶ **Förderer | Funding**
 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV)
- ▶ **Zeitraum | Period**
 10/2014 – 12/2017 (Phase 1)
 05/2018 – 04/2022 (Phase 2)
- ▶ **Projektleiter | Project manager**
 Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach
- ▶ **Team | Team**
 M.Eng. Petr Máca, Ph.D
 Dipl.-Ing. Lena Leicht
 Jens Hohensee, Mario Polke-Schminke (Probekörperherstellung)



Oberseite (links) und Unterseite (rechts) einer im Fallturm getesteten Platte | Top (left) and rear side (right) of a tested plate in the drop-tower | Photos: Franz Bracklow

VERSTÄRKUNG SEI DANK, PERFORATION GEBANNT

THANKS STRENGTHENING, PERFORATION BANNED

Bestehende Konstruktionen aus Stahlbeton verfügen in der Regel nur über einen geringen Widerstand bei stoßartigen Beanspruchungen. Im Rahmen des Graduiertenkollegs (GRK) 2250 „Mineral-bonded composites for enhanced structural impact safety“ wird daher an der Verbesserung des Bauteilverhaltes unter Impact gearbeitet.

Im Teilprojekt A5 stehen dabei dünne, rückseitig applizierte Verstärkungsschichten aus mineralisch gebundenen Kompositen im Mittelpunkt der Forschung, deren prinzipielle Wirkungsweise bereits innerhalb der ersten Kohorte des GRK erarbeitet wurde. In der aktuell laufenden zweiten Kohorte liegt das Hauptaugenmerk vor allem auf der Quantifizierung der erzielten Widerstandssteigerung.

Zuerst erfolgte hierfür die Untersuchung unverstärkter Stahlbetonplatten mit verschiedenen Impactgeschwindigkeiten. Die Intensität wurde dabei so gewählt, dass neben dem Rückprall des Impaktors als Anzeichen eines hauptsächlich globalen Tragverhaltens des

Existing structures made of steel reinforced concrete usually have only low resistance regarding impact loading. Due to this, the doctoral candidates of research training group (GRK) 2250 “Mineral-bonded composites for enhanced structural impact safety” investigate the possibility of improvements in the structural behaviour under impact loading.

Within subproject A5, thin, rear side added, mineral-bonded strengthening layers are in the focus of research whose principal effect was already investigated within the GRK’s first cohort. For the currently ongoing second cohort, the focus is on the quantification of the resistance increase obtained.

For this purpose, first of all non-strengthened steel reinforced concrete plates were investigated under different impact velocities. The intensity was chosen in such a way that, in addition to the rebound of the impactor as an indication of a mainly global behavior of the specimen, also the perforation of the plate due to the impactor occurred as an indicator of exceeding local capacity. Different flexural and

Probekörpers auch das Perforieren der Platte durch den Impaktor als Indikator für das Überschreiten der lokalen Tragfähigkeit auftrat. Dabei erfolgten die experimentelle Untersuchung verschiedener Biege- und Bügelbewehrungskonfigurationen innerhalb der Probekörper sowie die Charakterisierung des Perforationsverhaltens über die Bestimmung der Durchschussgeschwindigkeiten. Anhand der bis dato durchgeführten Tests zeigte sich, dass bei zusätzlicher Verwendung gut verankerter Bügel die Perforationsgrenze um mindestens 12 % gesteigert werden konnte.

Im zweiten Teil des Projekts wurden Platten mit einer rückseitigen Verstärkungsschicht aus 2 cm Carbonbeton hergestellt, wobei eine Matrix aus Feinkornbeton sowie zwei kreuzweise einlamierte Carbontextilien zum Einsatz kamen. Die damit beschichteten Platten wurden ebenfalls mit verschiedenen Intensitäten bis zum Eintreten des Perforationsschadens getestet. Aus den bisherigen Ergebnissen verstärkter Platten ohne Schubbewehrung ist ebenfalls eine Steigerung des Durchschusswiderstandes um mindestens 12 % zu erkennen.

Hieraus lässt sich ableiten, dass eine fehlende oder zu gering ausgeführte Schubbewehrung durch Aufbringen einer rückseitigen Carbonbetonschicht ausgeglichen werden kann.



Querschnitte unterschiedlich getesteter Platten mit Verstärkungsschicht | Cross sections of different tested plates with strengthening layer | Photo: Franz Bracklow

shear reinforcement configurations within the specimens were experimentally investigated and the perforation behavior was characterized by determining the perforation velocity. From the tests conducted so far, it was found that the additional usage of well-anchored stirrups, the perforation limit could be increased by at least 12 %.

In the second part, plates with a 2 cm rear side strengthening layer were manufactured, using a matrix of fine-grained concrete as well as two crosswise laminated carbon textiles. The specimens were also tested until the perforation damage occurred. From the previous results of strengthened plates without shear reinforcement, an increase of at least 12 % in perforation resistance can also be observed.

It can be concluded, that missing or to less shear reinforcement can be compensated by adding a rear side strengthening layer of carbon reinforced concrete.

► Titel | Title

TP A5/II: Verstärkung von flächigen, bügelbewehrten Massivbauelementen gegen Impact auf der impaktabgewandten Seite als Teilprojekt im Graduiertenkolleg GRK 2250: Impactsicherheit von Baukonstruktionen durch mineralisch gebundene Komposite

SP A5/II: Strengthening on the rear side of flat, stirrup reinforced solid construction elements against impact within the Research Training Group GRK 2250: Mineral-bonded composites for enhanced structural impact safety

► Förderer | Funding

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) / GRK 2250

► Zeitraum | Period

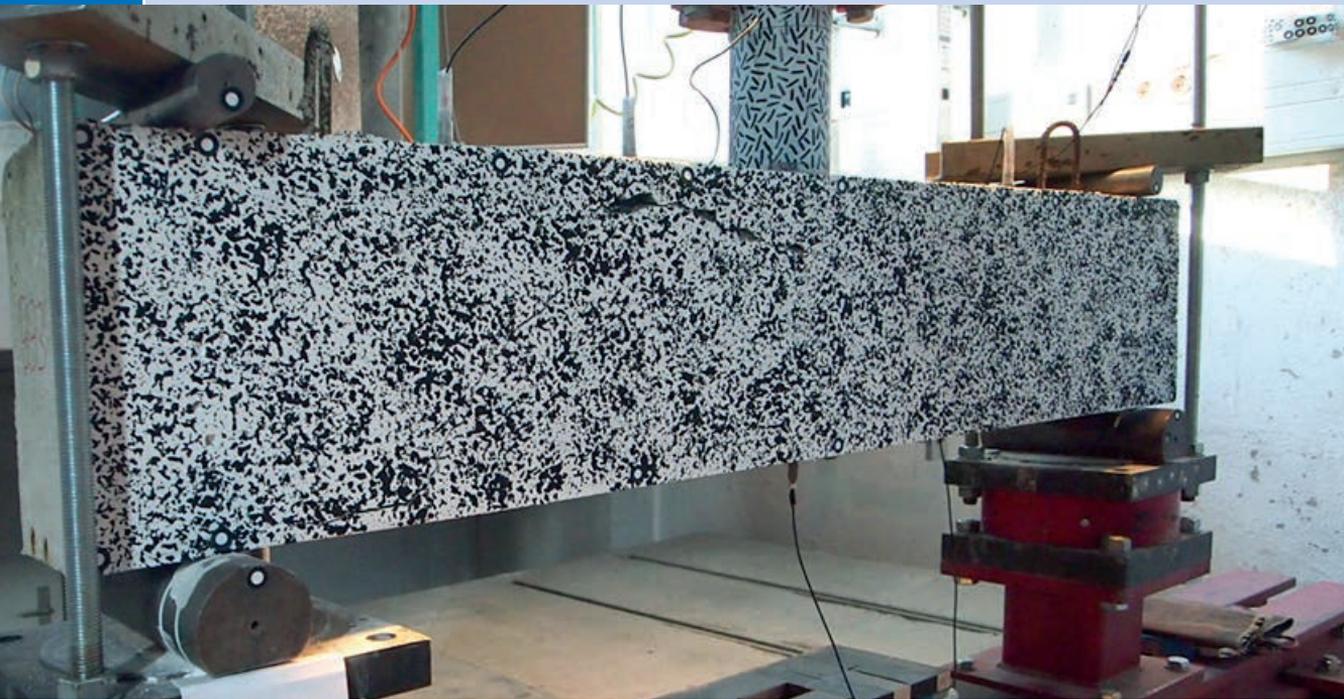
05/2020 – 04/2023 (2. Kohorte)

► Teilprojektleiter:in | Subproject managers

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach
Dr.-Ing. Birgit Beckmann

► Team | Team

Dipl.-Ing. (FH) Franz Bracklow
Jens Hohensee, Mario Polke-Schminke (Probekörperherstellung), Bernd Wehner (Applizieren der Messtechnik)



Zur Validierung des numerischen Modells werden Balkenproben und Photogrammetrie verwendet | *Beam specimens and digital image correlation are used to validate the numerical model* | Photo: Thomas Schubert

AUFPRALL MIT DEFORMIERBAREM OBJEKT COLLISION WITH A DEFORMABLE OBJECT

Die bauliche Sicherheit der kritischen Infrastruktur gegenüber natürlichen oder technischen Risiken wird in der Fachwelt seit jeher diskutiert. Seit den neuesten globalen Entwicklungen ist die Sicherheit von Kernkraftwerken wieder stärker in den Blickpunkt der Öffentlichkeit gerückt. Bewehrter Beton ist das bevorzugte Material für den Bau von Kraftwerken, sowohl für den Neubau als auch für eventuell geplante nachträgliche Ummantelungen. Trotz vieler Jahrzehnte weltweiter intensiver Forschung gibt es noch offene Fragen zum komplexen Struktur- und Materialverhalten beim Aufprall von verformbaren oder steifen Objekten auf Beton. Ein Ziel im Projekt Tankaufprall – Projektphase 2 – ist deshalb die grundlegende Untersuchung von Betonstrukturen im großmaßstäblichen Umfang, um die auftretende Schädigung infolge eines ganzheitlichen Anprallereignisses beurteilen zu können.

Das Projekt baut auf umfangreichen Vorarbeiten aus der Projektphase 1 auf. Anhand der Er-

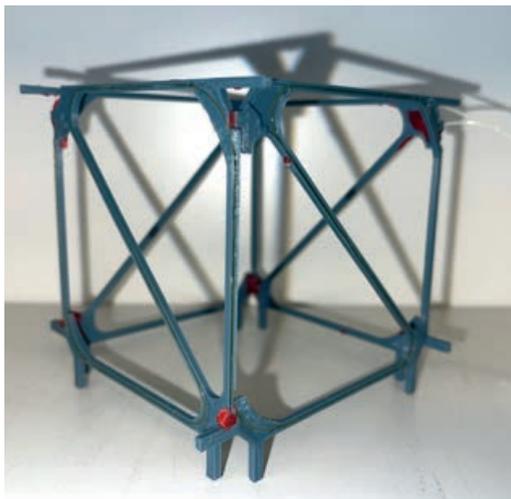
The structural safety of critical infrastructure against natural or artificial risks has always been discussed among experts. Since the latest global developments, the safety of nuclear power plants has increasingly become the focus of public attention. Reinforced concrete is the preferred material for constructing power plants, both for new construction and for any planned retrofits. Despite many decades of intensive worldwide research, there are still unanswered questions about reinforced concrete's complex structural and material behavior in case of impact of deformable or rigid objects. The goal of the 2nd phase of the tank impact project is to fundamentally investigate concrete structures on a large scale to be in a position to assess the damage that occurs as a result of an impact event.

The project builds on extensive previous work performed in Phase 1 of the project, and the results made it possible to estimate correlations between impact energy, damage pattern, and crack volume. In project Phase 2, we will inves-

gebnisse wurden Zusammenhänge zwischen Impaktenergie, Schädigungsmuster und Rissvolumen abschätzbar. In Projektphase 2 sollen nun Betonstrukturen unter kombinierter Lasteinwirkung – Impakt mit hartem sowie anschließend weichem Stoß inklusive möglichem Eindringen von brennbaren Flüssigkeiten – untersucht werden. Die experimentellen Ergebnisse werden mit umfangreichen numerischen Untersuchungen begleitet und ergänzt.

Mit den generierten Schädigungsmustern werden weitere Auswirkungen aus sekundären Lasten wie einer Treibstoffbeaufschlagung untersucht. Zu betrachten sind dabei die Art des Brandszenarios in Abhängigkeit von Schädigungsform und -grad sowie anderer belastungsbezogener Parameter. So könnten sich auf der Oberfläche brennbare Lachen bilden oder der in den Betonkörper eingedrungene Treibstoff kann sich entzünden. Forschungsrelevant hierzu sind die Bedingungen, unter denen das jeweilige Szenario eintritt, sowie die Auswirkungen der Szenarien auf die geschädigte Struktur als auch auf die Schutzobjekte.

Gefördert durch: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages unter dem Förderkennzeichen 1501647.



3D-gedruckter Halter für faseroptische Sensoren zu Messung des triaxialen Spannungszustands in Beton zur Kalibrierung numerischer Modelle | 3D printed holder for fiber optic sensors for measuring the triaxial stress state in concrete for calibration of numerical models | Photo: Thomas Schubert

tigate concrete structures under combined load effects of hard and subsequent soft impact, including possible penetration of flammable liquids. The experimental results will be accompanied and complemented by extensive numerical investigations.

Based on the damage patterns, we will investigate other effects from secondary loadings such as fuel impaction. To be considered are the type of fire scenario depending on the damage form and degree as well as other load-related parameters. For example, combustible pools could form on the surface, or the fuel penetrating the concrete body could ignite. Research relevant to this question is the conditions under which the respective scenario is created and the effects of the scenarios on the damaged structure as well as on the protected structures.

Supported by: Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Nuclear Safety and Consumer Protection based on a decision by the German Bundestag under project No. 1501647.

► Titel | Title

TP Phase 2: Betrachtung eines gekoppelten Impaktereignisses auf Stahlbetonstrukturen durch klein- und großmaßstäbliche Experimente im Verbundvorhaben Bauteilverhalten unter stoßartiger Beanspruchung durch aufprallende Behälter (Flugzeugtanks)

SP Phase 2: Comprehensive coupled impact analysis of reinforced concrete structures by small and large experiments in the joint project Behavior of structural components during impact load conditions caused by tank collisions (aircraft fuel tanks)

► Förderer | Funding

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV)

► Zeitraum | Period

09/2022 – 08/2025

► Teilprojektleiter:in | Subproject managers

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach
Dr.-Ing. Birgit Beckmann

► Team | Team

M.Eng. Petr Máca, Ph.D., Thomas Schubert, M.Sc.

► Projektpartner | Project partner

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin



Stahlbetonquader vor dem Aufbringen einer Dämpfungsschicht | Steel reinforced concrete block before damping layer application | Photo: Lena Leicht

IMPAKT-WEICHMACHER

IMPACT SOFTENER

Wie kann man von einem harten zu einem weichen Anprall kommen? Ganz einfach: indem man eine energieabsorbierende Zwischenlage zwischen dem anprallenden Gegenstand und dem vom Anprall getroffenen Körper einfügt. Die Frage, die bleibt, ist nur: welches Material kann diesen Zweck am besten erfüllen? Diesem Thema widmet sich das vorliegende Projekt.

In den vergangenen Monaten wurden unterschiedliche mineralisch gebundene Materialien als Dämpfungsschichten untersucht. Diese Zwischenlage soll Impaktenergie absorbieren und somit die in das Grundbauteil übertragene Kraft und Energie reduzieren. Dadurch kann eine starke Schädigung des darunterliegenden Stahlbetonbauteils vermieden werden. Unter den untersuchten Materialien befanden sich zwei unterschiedliche Leichtbetone, einer davon mit Blähton- und einer mit Blähschieferzuschlägen, ein Infralichtbeton und ein Beton mit Altgummizuschlägen. Diese Materialien wiesen zum einen verschiedene Festigkeiten und Steifigkeiten und außerdem unterschied-

How can we change a hard to a soft collision? It is simple as that: insert an energy-absorbing interlayer between the impacting and the impacted object. The remaining question, however, is: what type of material best fulfills this task? The research project presented in the following deals with this question.

For this reason, damping layers consisting of different mineral-bonded materials were compared to each other. The interlayer is supposed to absorb impact energy and thus reduce the transferred forces and energies to the underlying concrete structure. Therefore, it prevents strong fracturing of the underlying concrete element. Among the investigated materials were two different lightweight concretes, one with expanded clay and one with expanded shale aggregates, an infra-lightweight concrete, and a concrete which contained waste tire rubber. The materials have different strengths, elastic moduli, and densities. The infra-lightweight concrete possesses the lowest values, while the lightweight concretes achieved the highest ones.

liche Dichten auf. Am leichtesten war der Infraleichtbeton, am schwersten die beiden Leichtbetone.

Oberhalb der weichen Dämpfungsschicht wurde noch eine höherfeste Deckschicht aus Carbonbeton aufgebracht, die die lokale Impaktlast auf einem größeren Bereich der Dämpfungsschicht verteilen sollte. Für die Versuche wurden Stahlbetonquader mit den genannten Dämpfungsschichten und einer darüberliegenden Lage aus Carbonbeton beschichtet. Die Stahlbetonquader waren während der Versuche vollständig flächig gelagert und wurden oberseitig von einem Stahlzylinder mit Geschwindigkeiten von bis zu 200 km/h getroffen.

Beim Vergleich unterschiedlicher Materialien hat sich ein Aufbau aus einer 4 cm starken Schicht Infraleichtbeton mit einer darüberliegenden, 2 cm starken Carbonbetonschicht als besonders günstig erwiesen. Dieser Schichtaufbau ermöglichte die fast vollständige Vermeidung der Schädigung des Grundbetonbauteils, was im Umkehrschluss bedeutet, dass die übertragene Energie substantiell reduziert wurde. Ohne oder mit unzureichender Dämpfungsschicht wird der Stahlbetonquader durch den Impakt stark gespalten.



Aufwölbung der Dämpfungsschicht nach einem Beschussversuch einer Platte mit 220 km/h | *Bulging of the damping layer after an impact test of a plate at 220 km/h* | Photo: Lena Leicht

A cover layer placed on top of the damping layer distributes the impact force to wider regions. For the tests, steel reinforced concrete blocks were coated with the above-mentioned damping layers and an overlying layer of carbon reinforced concrete. A steel impactor hits the fully supported reinforced concrete cuboid with velocities of up to 200 km/h in the experiments.

The comparison of different experiments showed that a 4 cm thick infra-lightweight concrete layer with a fine grained concrete cover layer of 2 cm thickness, containing one sheet of carbon fiber textile, was the best option. This layered structure almost completely prevented concrete damage during the impact experiment. In return, that means that the additional applied layers absorbed a high amount of energy. By contrast, the interlayer's nonexistence or inadequacy led to substantial damage to the reinforced concrete specimen.

► **Titel | Title**

TP A6/II: Charakterisierung von mineralisch gebundenen Kompositen als Dämpfungsschichten für die Impaktverstärkung flächiger Massivbauelemente als Teilprojekt im Graduiertenkolleg GRK 2250: Impaktssicherheit von Baukonstruktionen durch mineralisch gebundene Komposite

SP A6/II: Characterization of mineral-bonded materials for damping layers for impact strengthening of flat solid construction elements within the Research Training Group GRK 2250: Mineral-bonded composites for enhanced structural impact safety

► **Förderer | Funding**

Deutsche Forschungsgesellschaft (DFG) / GRK 2250

► **Zeitraum | Period**

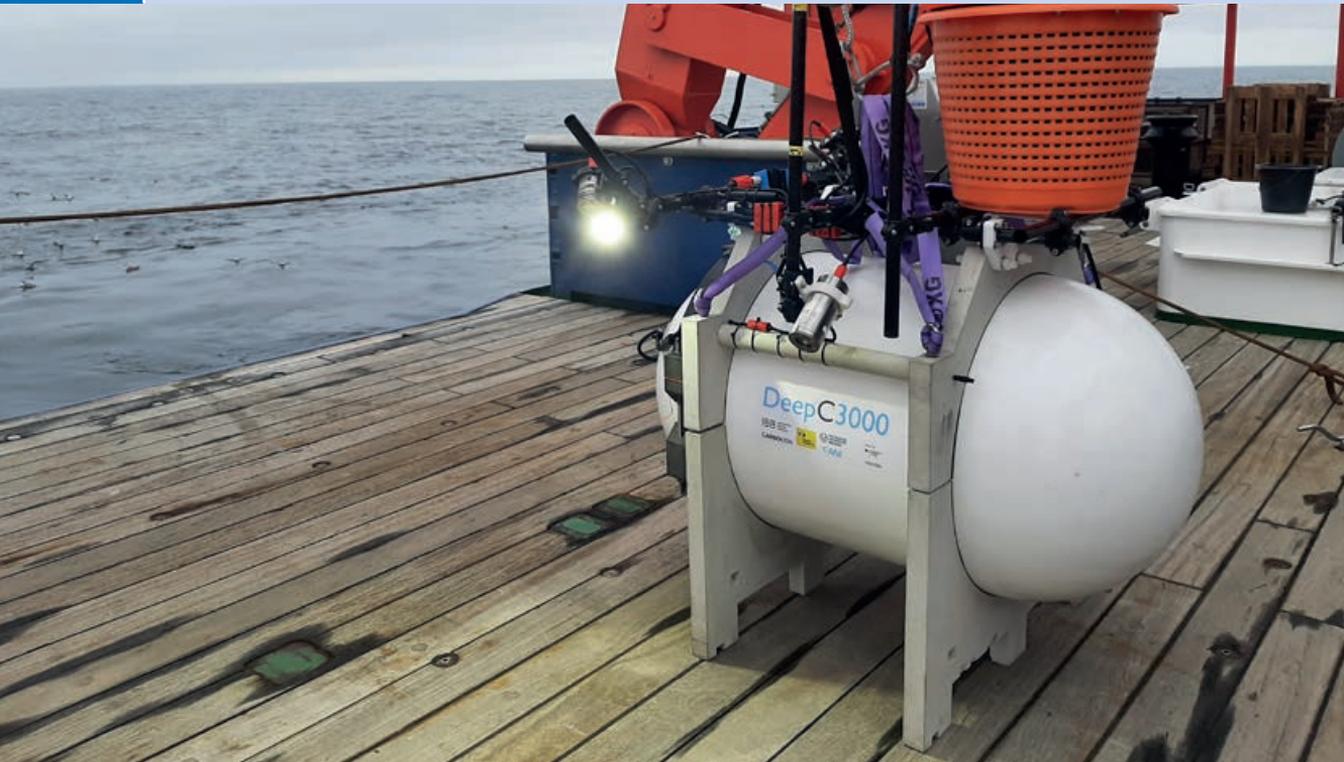
05/2020 – 04/2023 (2. Kohorte)

► **Teilprojektleiter:in | Subproject managers**

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach
Dr.-Ing. Silke Scheerer

► **Team | Team**

Dipl.-Ing. Lena Leicht
Jens Hohensee, Mario Polke-Schminke (Probekörperherstellung)



DeepC3000 an Bord des Forschungsschiffs Maria S. Merian kurz vor dem Aussetzen | DeepC3000 on board the research ship Maria S. Merian shortly before deployment | Photo: Felix Janssen (AWI)

EIN JAHR AUF DEN GRUND DES POLARMEERES ONE YEAR AT THE BOTTOM OF THE POLAR SEA

Die Erkundung des Meeresbodens in großen Tiefen voranzubringen, war das maßgebliche Ziel des Projekts DeepCsolution. Ganz konkret ging es darum, auf dem Meeresgrund einen zuverlässigen Batteriespeicher bereitzustellen, der in der Lage ist, die benötigte Strommenge für ein Jahr Forschungsbetrieb sicherzustellen. Das Besondere hierbei ist, dass die Batteriehülle aus ultrahochfestem Beton (UHPC) gefertigt wurde. Doch warum UHPC? Normalerweise verbindet man Beton nicht mit der Tiefseeforschung, hier kommen i. d. R. Titan oder Keramik zum Einsatz. Der Grund für die Entscheidung für Beton bzw. UHPC liegt in der Größe der herstellbaren Druckgehäuse. Bei Titan und Keramik ist man stark in den Außendimensionen limitiert, da entsprechende Halbzeuge nur in begrenzten Abmessungen gefertigt werden können. Dadurch ist das Nutzvolumen sehr stark eingeschränkt. Wenn man allerdings UHPC verwendet, können diese üblichen Gren-

To advance the exploration of the seafloor at great depths is the primary goal of the project DeepCsolution. In concrete terms, the aim was to build a robust battery storage system on the seafloor that is capable of storing the required amount of electricity for one year of research operations. The special feature here is that the battery shell was made of ultra-high performance concrete (UHPC). But why UHPC? Normally, concrete is not connected with deep-sea research; titanium or ceramics are usually used here. The reason for choosing concrete resp. UHPC is the size of the pressure casings that can be manufactured. In the case of titanium and ceramics, the outer dimensions are limited because the corresponding semi-finished products can only be manufactured in limited dimensions. As a result, the usable volume is ultimately very limited. However, if UHPC is used, these limits can be significantly exceeded. In the end, the size of the existing formwork now deter-

zen deutlich überschritten werden. Letztendlich bestimmt nun die Größe der vorhandenen Schalung die Dimensionen des Gehäuses und ermöglicht so sehr große Nutzvolumina und damit sehr hohe Energiemengen, die auf dem Meeresboden gespeichert und zur Verfügung gestellt werden können.

In Zusammenarbeit mit den Projektpartnern wurde in den vergangenen Jahren an der Umsetzung eines solchen Gehäuses gearbeitet. Hierzu zählten Materialuntersuchungen, die dazu dienten, das Design des Druckgehäuses *DeepC3000* für eine Einsatztiefe von bis zu 3.000 m auf dem notwendigen Sicherheitslevel zu ermöglichen. Bevor derartige Druckgehäuse bei einer realen Mission in der Tiefsee eingesetzt werden können, müssen sie auf Herz und Nieren geprüft werden. Hierfür wurden die Betongehäuse in einem Drucktank der Universität Rostock unter einem Außendruck von bis zu 420 bar getestet und sowohl Tragfähigkeit als auch Dichtheit geprüft. Dieser Druck entspricht einer Meerestiefe von ca. 4.200 m. Nach dem Bestehen aller Tests wurde ein *DeepC3000* mit Batterien sowie Messtechnik bestückt und im Polarmeer auf einer Tiefe von ca. 2.500 m ausgesetzt, wo er bis Mitte 2023 verbleibt. Nach der Bergung können die Messdaten ausgewertet werden.



Geöffnetes DeepC3000-Gehäuse mit Deckelverschiebeeinheit im Otto-Mohr-Laboratorium | *Open DeepC3000 housing with cap sliding unit in the Otto Mohr Laboratory* | Photo: Marcus Hering

mines the dimensions of the housing, allowing very large usable and storable volumes and thus very large amounts of energy to be available on the seafloor.

In cooperation with the project partners, the realization of such a housing has been worked on during the recent years. This included materials investigations that served to enable the design of the DeepC3000 pressure housing for a deployment depth of up to 3,000 m at the necessary safety level. Before such pressure housings can be used in a real mission in the deep sea, they have to be put through their paces. For this purpose, the concrete housings were tested in a pressure tank at the University of Rostock under an external pressure of up to 420 bar and tested for load-bearing capacity as well as leak tightness. This pressure corresponds to a sea depth of about 4,200 m. After passing all tests, a DeepC3000 was equipped with batteries and measurement technology and released into the polar sea at a depth of about 2,500 m, where it will remain until the middle of 2023. After recovery, the measurement data can be evaluated.

► **Titel | Title**

TP Untersuchung von UHPC und UHPC-Druckgehäusen unter stoßartiger Belastung, Langzeitbelastung und mehraxialer Beanspruchung im Verbundvorhaben DeepCsolution: Druckgehäuse aus ultrahochfestem Beton für die Meerestechnik

SP Investigation of UHPC and UHPC pressure vessels under impact loads, long-term loads and multi-axial stresses within the joint research project DeepCsolution: Ultra-high strength concrete pressure vessels for marine engineering

► **Förderer | Funding**

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) / Maritimes Forschungsprogramm

► **Zeitraum | Period**

12/2019 – 06/2023

► **Teilprojektleiter | Subproject manager**

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach

► **Team | Team**

Dr.-Ing. Marcus Hering
Martin Findeisen (Messtechnik)
Maik Patricny (Applizieren der Messtechnik)

► **Projektpartner | Project partners**

IBB Ingenieurbüro Baustatik Bautechnik, Dresden | Sudholt-Wasemann GmbH, Herzebrock-Clarholz | CARBOCON GmbH, Dresden | Alfred-Wegener-Institut (AWI) Helmholtz Zentrum für Polar und Meeresforschung, Bremerhaven



Gestaltung der Außenanlagen | Landscaping of the surroundings | Photo: Stefan Gröschel

CARBONBETONHAUS CUBE FERTIGGESTELLT

C³ TECH DEMO HOUSE CUBE COMPLETED

Anfang 2022 konnten die TWIST-Elemente und die anschließenden Flügel und damit die Bauwerkshülle des CUBE komplettiert werden. Besonders anspruchsvoll war die 32 m lange, bis zu 7 m breite und lediglich 4 cm dicke, fugenlos durchlaufende Wetterschale, die die Ansicht des CUBE dominiert. Am 3. Februar 2022 war der Rohbau fertiggestellt, was mit einem Richtfest gefeiert wurde.

Nachdem die temporäre Gebäudeumhausung demontiert war, begannen die weiteren Ausbaugewerke mit ihrer Arbeit. Ab Februar wurden die Trockenbauwände, eine Teekücheneinheit aus Carbonbetonfertigteileplatten sowie die Leitungen und die Geräte der Heizungs-, Lüftungs- und Sanitäreinrichtung eingebaut. Parallel dazu platzierten die Elektriker Kabel und Leerrohre, später auch Steckdosen und Lampen. Im Bereich der Fassade wurden die bis zu 2,6 m × 2,7 m großen Glasscheiben und die vier Hauseingangstüren eingebaut.

Ab April fanden umfangreiche Arbeiten im Außenbereich statt. Für die Verkehrsflächen

At the beginning of 2022, the TWIST elements and the adjoining wings and thus the structural shell of the CUBE could be completed. The 32 m long, up to 7 m wide and only 4 cm thick continuously running weather shell, which dominates the sight of the CUBE, was particularly challenging. The building envelope was completed on 3 February 2022, which was celebrated with a topping-out ceremony.

After the temporary building enclosure was dismantled, the other finishing trades began. Starting in February, the drywalls, a kitchenette unit made of precast carbon reinforced concrete panels, and the piping and equipment for the heating, ventilation and sanitary systems were installed. In parallel, the electricians placed cables and conduits, and later sockets and lamps. In the facade area, the up to 2.6 m × 2.7 m measuring glass panes and the four house entrance doors were installed.

Starting in April, extensive work took place on the exterior. For the traffic areas, old soil had to be replaced and load-bearing subgrade ma-

mussten Altboden ausgetauscht und tragfähiges Untergrundmaterial eingebaut werden. Nach dem Einbau der Frostschuttschicht wurde schließlich ein spezieller Drainbeton eingebracht, der als Einkornmisch derart porig ist, dass das Regenwasser hindurchfließen kann.

Im Juli war der Estrich ausreichend getrocknet, sodass sowohl das Stabparkett im Hauptraum als auch das dunkelblaue Linoleum in den Sanitär- und kleineren Büroräumen verlegt werden konnten. Eine besondere Herausforderung stellte die Montage des Dachlichtbandes dar, das zwischen den beiden TWIST-Elementen angeordnet ist und zusätzliches Licht in den Hauptraum bringt. Schließlich war das Lichtband mit ebenen Glasscheiben und mit linienförmigen, geraden Trägerprofilen auf die räumlich geschwungenen TWIST-Randbalken millimetergenau zu befestigen. Ein besonderes Augenmerk war zudem auf die Anschlüsse zu richten, damit diese wasserdicht und gut wärmegeklämt sind. Die Arbeiten konnten im September beendet werden, sodass der Eröffnung des Gebäudes am 28.09.2022 im Rahmen der 14. Textil- und Carbonbetontage nichts mehr im Wege stand.



Carbonbetontreppe im Innern des CUBE | Carbon reinforced concrete staircase inside the CUBE | Photo: Stefan Gröschel

terial installed. After the installation of the frost protection layer, a special drainage concrete was finally applied, which as a single-grain mixture is so porous that rainwater can flow through it.

By July, the installed screed had dried sufficiently so that both the strip parquet in the main room and the dark blue linoleum in the sanitary and smaller office rooms could be laid. Another particular challenge was the installation of the roof light strip, which is positioned between the two TWIST elements and brings additional light into the main room. Finally, the continuous rooflight had to be attached to the spatially curved TWIST edge beams with millimeter precision using flat glass panes and linear, straight support profiles. Particular attention also had to be paid to the connections to ensure that they were watertight and well insulated. The work was completed in September, so that nothing stood in the way of the opening of the building on September 28, 2022 as part of the 14th textile and carbon reinforced concrete days.

► Titel | Title

TP C3-V3.1-I: Weiterentwicklung, Untersuchung und Nachweisführung von Bauteilen und Tragwerken aus Carbonbeton sowie wissenschaftliche Begleitung von Entwurfs-, Konstruktions- und Bauüberwachungsprozessen im Carbonbetonbau im Verbundvorhaben C3-V3.1: Ergebnishaushaus des C³-Projektes – CUBE

SP C3-V3.1-I: Advanced development, investigation and feasibility analysis of building components and structures made of carbon reinforced concrete as well as scientific support for the design, engineering and supervision processes of carbon reinforced concrete constructions within the joint research project C3-V3.1: C³-technology demonstration house – CUBE

► Förderer | Funding

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) / C³ – Carbon Concrete Composite

► Zeitraum | Period

09/2017 – 09/2022

► Verbundvorhabenleiter | Joint project manager

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach

► Teilprojektleiter | Subproject manager

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach

► Team | Team

Dr.-Ing. Michael Frenzel, Dr.-Ing. Angela Schmidt, Iurii Vakaliuk, M.Sc., Dipl.-Wirtsch.-Ing. (FH) Matthias Tietze

► Projektpartner | Project partners

Institut für Betonbau, HTWK Leipzig | Architekten Ingenieure Bautzen GmbH | ASSMANN Bauen + Planen GmbH, Dresden | Betonwerk Oschatz GmbH | Bendl Hoch- und Tiefbau GmbH & Co. KG, Sebnitz | texton e. V., Dresden



Die verwundenen Dach-Wand-Schalen TWIST des Carbonbetongebäudes CUBE im Bauzustand | *The twisted roof-wall shells TWIST of the carbon reinforced concrete building CUBE under construction* | Photo: Stefan Gröschel

DER ERSTE SCHRITT ZUR NORM *THE FIRST STEP TOWARDS A STANDARD*

Geforscht wird an nichtmetallischen Bewehrungen bereits seit über 20 Jahren, stets mit dem Ziel, einen hoch leistungsfähigen und gegen Korrosion resistenten Baustoff zu schaffen. Mehrere Bemessungsansätze konnten erstellt sowie an die fortlaufende Weiterentwicklung der Materialien angepasst werden, ein übergeordnetes Regelwerk fehlt allerdings nach wie vor. Mit der Aufnahme der nichtmetallischen Bewehrung in den Anhang R des Eurocode 2 ist ein erster Schritt bereits erfolgt. Die bisher umgesetzten baupraktischen Anwendungen basieren jedoch stets auf zeit- und kostenintensiven Zulassungen im Einzelfall.

Aus diesem Grund wurde 2018 in einem vom Deutschen Ausschuss für Stahlbeton e. V. (DAfStb) geleiteten Konsortium, bestehend aus über 30 Partnern aus Wirtschaft, Forschung und Behörden, mit dem Erstellen einer Richtlinie für den Einsatz nichtmetallischer Bewehrung im Betonbau begonnen, deren Gelbdruck im November 2022 veröffentlicht wurde. Die Frist für Stellungnahmen läuft bis zum 31. März 2023.

Die Richtlinie besteht aus fünf Abschnitten. Im Vordergrund steht der erste Teil, der die an den

Research on non-metallic reinforcements for concrete has been going on for over 20 years, always with the aim of creating a high-performance and corrosion-resistant building material. Several design approaches have been developed and adapted to the continuous advancement of the materials, however a superordinate set of rules was still missing. A first step has been taken with the inclusion of non-metallic reinforcement in Annex R of the Eurocode 2, but the practical construction applications implemented so far are always based on time-consuming and cost-intensive approvals on a case-by-case basis.

For this reason, in 2018, a consortium led by the association Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e. V. (DAfStb; in English: German Committee for Steel-Reinforced Concrete) and consisting of more than 30 partners from industry, research and public authorities started to draft a guideline for the use of non-metallic reinforcement in concrete construction. Their yellow print was published in November 2022. The deadline for comments is 31 March 2023.

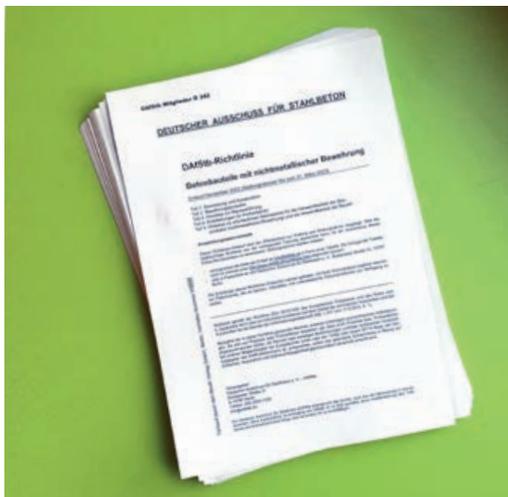
The guideline consists of five sections, with the focus on the first part, which regulates the static dimensioning and structural design of building

Eurocode 2 angelehnte statische Bemessung und konstruktive Durchbildung von Betonbauteilen mit nichtmetallischer Bewehrung regelt. Dabei beschränkt sich der Anwendungsbereich der Richtlinie auf überwiegend statische Beanspruchungen und Bauteile ohne Vorspannung. Im zweiten Teil der Richtlinie werden die Anforderungen an die Bewehrungsprodukte sowie Vorgaben zu erforderlichen Kennwerten an die Produzenten geregelt. Ergänzend dazu enthält der vierte Teil der Richtlinie Empfehlungen zu den Prüfverfahren, um die erforderlichen Materialkennwerte zu ermitteln. Besonderheiten, die sich in der Bauausführung mit den neuen Werkstoffen ergeben, werden im dritten Teil der Richtlinie beschrieben. Abschließend werden in Teil 5 Hinweise zu erforderlichen Nachweisen für die Verwendbarkeit nichtmetallischer Bewehrungen und zur Anwendbarkeit der Bauart gegeben, die die Planer:innen durch den aktuell erforderlichen Anwendungsprozess führen.

Zudem war das Institut für Massivbau der TU Dresden am Verbundvorhaben C3-L9 beteiligt, dessen Ziel ebenfalls ein Richtlinienentwurf war. Inhaltlich wurden dabei auch Forschungsergebnisse berücksichtigt, die in der derzeitigen Richtlinie noch keine Anwendung finden, u. a. Ansätze für die Vorspannung und dynamische Beanspruchung. Die Ergebnisse aus dem Projekt C3-L9 sollen als Vorlage für künftige Neuauflagen der Richtlinie dienen.

components based on Eurocode 2. The scope of the guideline is limited to predominantly static loads and non-prestressed components. The second part regulates the requirements for the reinforcement products and specifies the characteristic values for the producers. In addition, the fourth part of the guideline contains recommendations on the test methods to determine the material parameters. Particularities that arise in construction with the new materials are described in part 3. Finally, part 5 provides information about the required verifications for the usability of the non-metallic reinforcement and the applicability of the construction method, which guide the planner through the current process of application.

Furthermore, our institute was involved in the joint research project C3-L9, which also had the aim of drafting a guideline. In terms of content, research results were also taken into account that are not yet applied in the current draft, including approaches for pre-stressing and dynamic loading. The results of the C3-L9 project will serve as basis for future versions of the guideline.



Gelbdruck der DAFStb-Richtlinie | *Yellow print of the guideline of the DAFStb* | Photo: Silke Scheerer

► **Titel | Title**

DAFStb-Richtlinie „Betonbauteile mit nichtmetallischer Bewehrung“

DAFStb guideline „Concrete components with non-metallic reinforcement“

► **Förderer | Funding**

Institut für Massivbau, TU Dresden

► **Zeitraum | Period**

Beginn Richtlinienarbeit:	2018
Veröffentlichung Gelbdruck:	November 2022
Stellungnahmen bis:	31. März 2023

► **Team | Team**

Dipl.-Ing. Peter Betz
Dr.-Ing. Harald Michler

► **Projektpartner | Project partners**

Anzahl der Beteiligten variiert über die Laufzeit;
Stand Ende 2022: 15 Wirtschaftsvertreter, 10 Forschungseinrichtungen und 6 Verbände bzw. Behörden



Bewehrungsherstellung im Betonfertigteilwerk | Reinforcement production in the precast concrete plant | Photo: Frank Schladitz

QUALITÄT VON CARBONBETONFERTIGTEILEN QUALITY OF PRECAST CRC ELEMENTS

Begriffe wie Klimaneutralität, Ressourceneinsparung, Fachkräftemangel, aber auch serielles Bauen und Industrie 5.0 werden immer häufiger im Zusammenhang mit dem Betonbau genannt. Um den damit verbundenen Anforderungen gerecht zu werden, bedarf es teils erheblicher Veränderungen bei Materialien, Konstruktionen und Prozessen. Bereits heute wird in der Baupraxis gezeigt, dass mit der neuen Materialkombination Carbonbeton äußerst dünne und damit auch ressourcenschonende Baukonstruktionen geschaffen werden können. Je dünner jedoch Bauteile werden, umso genauer muss die Fertigung sein. Bei 20 cm dicken Bauteilen sind z. B. 5 mm Abweichung in der Bauteildicke oder der Lage der Bewehrung durchaus akzeptabel – bei 3 cm dicken Bauteilen nicht. Hier haben bereits Abweichungen von 1–2 mm u. a. erheblichen Einfluss auf die Tragfähigkeit. Die gestiegenen Anforderungen an die Genauigkeit werden dabei nicht an ein Produkt einer Manufaktur, sondern an ein industriell hergestelltes Massenprodukt gestellt. Prozesse und Maschinen in den meisten Fertigteilwerken, die bisher Stahlbetonbauteile produzieren, sind dafür jedoch nicht in allen Produktionsschritten geeignet.

Ziel des Vorhabens ist es, die Qualitätsschwankungen bei der Herstellung von Fertig- und

Terms such as climate neutrality, resource conservation, shortage of skilled labor but also serial construction and Industry 5.0 are increasingly mentioned in connection with concrete construction. In order to meet the associated requirements, significant changes in materials, designs and processes are needed in some cases. Construction practice is already demonstrating that the new material combination carbon reinforced concrete can be used to create extremely thin and thus resource-saving building structures. However, the thinner components become, the more precisely they have to be manufactured. With 20 cm thick components, for example, 5 mm deviations in the component thickness or the position of the reinforcement are acceptable – but not with 3 cm thick components. Here, deviations of 1–2 mm already have a considerable influence on the load-bearing capacity. The increased demands on accuracy are not placed on a product of a manufactory, but on an industrially produced mass product. However, processes and machines in most precast plants that produce steel reinforced concrete components to date are not suitable for this in all production steps.

The aim of the project is to significantly reduce the quality fluctuations in the production of precast and semi-precast parts made of carbon

Halbfertigteilen aus Carbonbeton durch den Einsatz einer ganzheitlichen, kontinuierlichen und vollautomatischen Prozessüberwachung direkt im Betonwerk deutlich abzusenken. Dabei sollen auch Wirtschaftlichkeit und Ökologie stark verbessert werden. Dies umfasst sämtliche Prozessschritte von der Schalungs- und Einbauteilinstallation, über Carbonbewehrungsherstellung, Betonagevorgang und die Einbringung von Dämmstoffen bis zum Vorbereiten für den Transport in einem Betonwerk nach dem Vorbild anderer Branchen, z. B. der Automobilbranche. Zudem soll es im Betonwerk möglich sein, die Prozesse bei auftretenden Abweichungen vollautomatisiert nachzuregeln.

Die Aufgaben des Instituts für Massivbau umfassen v. a. die Analyse der Verteilung zulassungsrelevanter Kenngrößen für die Carbonbetonbauweise. Es ist die Frage zu beantworten, in welcher Weise verschiedene Prozessparameter während der Herstellung der Bewehrung und der Betonbauteile selbst deren Leistungsfähigkeit beeinflussen. Dabei werden u. a. Erkenntnisse aus Bauteilversuchen des Großforschungsprojektes C³ – Carbon Concrete Composite analysiert. Anhand von neuen Versuchsbauteilen der Projektpartner werden schließlich systematische Untersuchungen zur Qualitätsbeeinflussung bei der Herstellung der Bewehrung und Carbonbetonbauteile angestellt.



Fertigung von Doppelwänden mit nichtmetallischer Bewehrung | Fabrication of double walls with non-metallic reinforcement | Photo: Stefan Gröschel

reinforced concrete by using a holistic, continuous and fully automated process monitoring system directly in the concrete plant. At the same time, economic efficiency and ecology are to be greatly improved. This includes all process steps from formwork and paving installation, carbon reinforcement production, the concreting process, insertion of insulating materials and preparation for transport in a concrete plant following the example of other industries, e.g. the automotive industry. In addition, it should be possible to readjust the processes in the concrete plant in a fully automated manner in the event of deviations occurring.

The tasks of the Institute of Concrete Structures mainly comprise the analysis of the distribution of approval-relevant parameters for the carbon reinforced concrete construction method. It is to be answered in which way different process parameters during the production of reinforcement and concrete components influence the performance of the resulting components. Among other things, findings from component tests of the large-scale research project C³ – Carbon Concrete Composite will be analyzed. Finally, new test components from the project partners will be used to systematically investigate how quality is influenced during the production of reinforcement and carbon reinforced concrete components.

► **Titel | Title**

TP Analyse der Rolle qualitätssichernder Maßnahmen auf die Verteilung zulassungsrelevanter Kenngrößen für die Carbonbetonbauweise im Verbundvorhaben Precast Quality: Entwicklung einer vollautomatisierten Qualitätskontrolle für Carbonbetonbauteile

SP Analysis of the role of quality assurance measures on the distribution of approval-relevant parameters for carbon reinforced concrete construction in the joint research project Precast Quality : Development of a fully automated quality control system for carbon reinforced concrete components

► **Förderer | Funding**

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)

► **Zeitraum | Period**

07/2022 – 12/2024

► **Teilprojektleiter | Subproject manager**

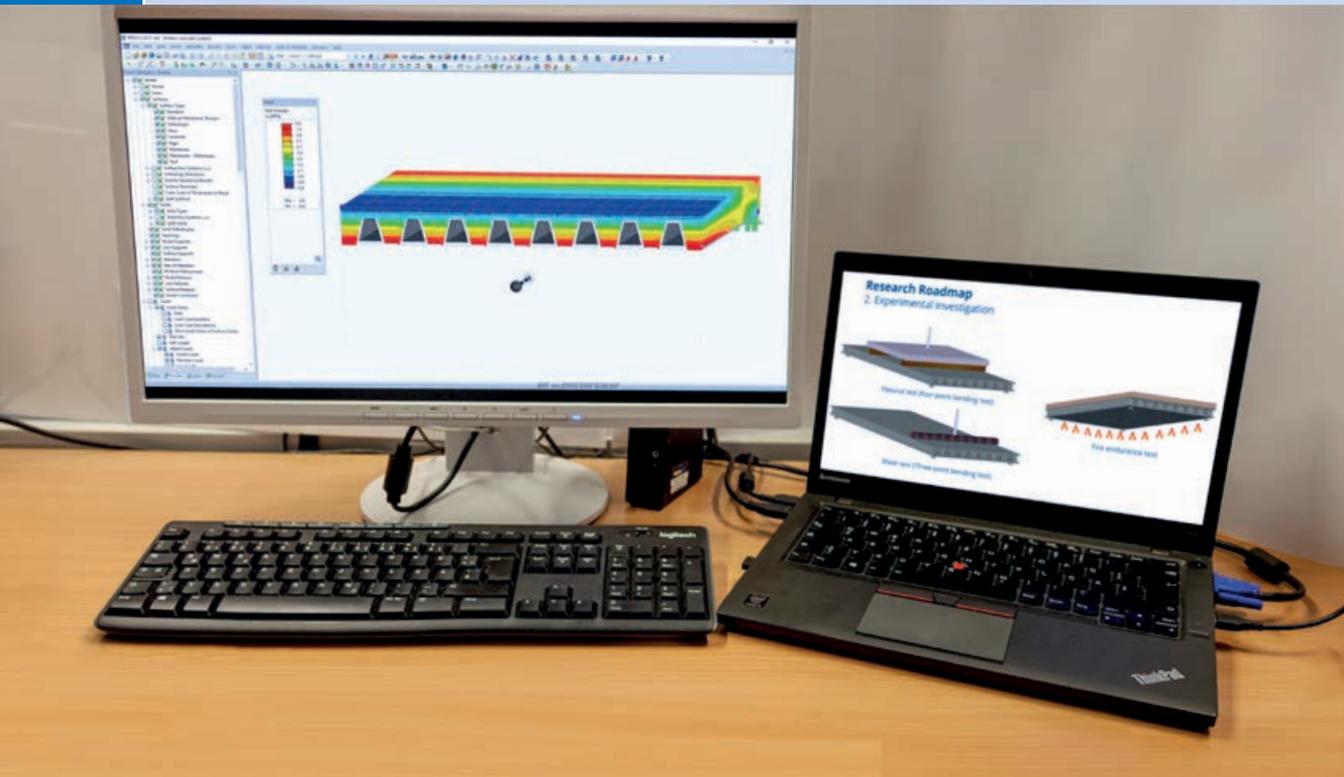
Dr.-Ing. Frank Schladitz

► **Bearbeiter | Contributor**

Dr.-Ing. Frank Schladitz

► **Projektpartner | Project partners**

Symate GmbH, Dresden | TESTING Bluhm & Feuerherdt GmbH, Berlin | Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig | Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin



Finite-Elemente-Modell eines Hohlplattensystems aus Carbonbeton | Finite element model of a hollow core slab system made of carbon reinforced concrete | Photo: Stefan Gröschel

INDUSTRIESTANDARD FÜR CARBONBETON

INDUSTRY STANDARD FOR CARBON REINFORCED CONCRETE

Ziel des Vorhabens RUBIN-ISC ist die Schaffung eines Industriestandards für die Anwendung von Carbonbeton. Damit soll dem immer dringender formulierten Wunsch nach einem standardisierten Vorgehen im Carbonbetonbau genüge getan werden. RUBIN schlägt die Brücke zwischen Forschung und Baupraxis. Es werden Wissenslücken geschlossen und die gesammelten Erkenntnisse anwenderfreundlich aufbereitet.

Fokus der Forschung an unserem Institut ist die Erarbeitung von Werkzeugen für eine praxistaugliche, allgemeingültige Dimensionierung von Carbonbetonbauteilen. Dazu gehören die Erstellung von Leitlinien für eine verwendungszweckoptimierte Materialauswahl sowie die Berechnung im Grenzzustand der Tragfähig-

The aim of the RUBIN-ISC project is to create an industry standard for the application of carbon reinforced concrete. This is to respond to the urgent need for a standardized approach to carbon reinforced concrete construction. In doing so, RUBIN builds a bridge between research and construction practice. Gaps in knowledge are being closed and the knowledge gained is being prepared in a user-friendly way.

The main focus of our institute is the development of tools for the practical and generally valid design of carbon reinforced concrete components. This includes developing guidelines for application-optimized material selection and ultimate limit state calculations for new composite materials, taking into account long-term and temperature effects. In addition, laboratory

keit für neue Materialkomposite unter Beachtung von Langzeit- und Temperatureinflüssen. Des Weiteren werden Laborversuche v. a. zur versuchstechnischen Begleitung von Planhilfen für Einbauteile, zur Sicherstellung von Qualitätsstandards und für die Kennwertermittlung für verschiedene Materialkombinationen, Bauteile und Prototypen durchgeführt. Parallel erfolgt eine vertiefte Analyse an formbaren Bewehrungselementen gemeinsam mit dem Partner Johne & Groß GmbH.

In 2022 wurde ein ressourcenschonendes Hohlkörper-Plattensystem mit trapezförmiger Kernform aus zwei schrägen Stegen und unterem und oberem Flansch zunächst numerisch entwickelt und analysiert. Ein besonderer Schwerpunkt ist die Durchbildung der Auflagerbereiche, um diese verschiedenen Anforderungen anpassen zu können. Die Integration einer Schubbewehrung soll mittels 3D-Bewehrungsgittern aus Carbonfasern erfolgen. Nach erfolgter Berechnung und konstruktiver Durchbildung soll das Deckensystem in einem Betonwerk hergestellt und anschließend im Labor getestet werden. Die experimentellen Ergebnisse werden und mit den numerischen Ergebnissen des Finite-Elemente-Programms verglichen und dienen ggf. der Modellmodifikation.



Zerstörter formbarer Carbonfaser-Flechtstab der Johne & Groß GmbH nach erfolgreicher Zugprüfung | *Destroyed braided rod from Johne & Groß GmbH after successful tensile test* | Photo: Berk Gündogdu

tests are being carried out, particularly for the technical testing of design aids for structural components, to ensure quality standards and to determine characteristic values for various material combinations, components and prototypes. At the same time, extensive research into formable reinforcement elements is being carried out in collaboration with our partner Johne & Groß GmbH.

In 2022, a resource-saving hollow-core slab system with a trapezoidal web consisting of two inclined webs and an upper and lower flange was initially developed and numerically analyzed. Special attention will be paid to the design of the bearing areas in order to adapt them to the different requirements. The integration of a shear reinforcement is to be carried out by means of 3D reinforcement grids made of carbon fibers. The slab elements mentioned above benefit from the shear reinforcement especially in the area close to the support, where the highest shear stresses are known to occur. After the calculation and structural design, the floor system is to be manufactured in the concrete plant and then tested in the laboratory. The experimental results will be compared with the numerical results of the finite element program and, if necessary, form the basis for an adjustment of the model.

► **Titel | Title**

TP RUBIN-ISC III-a: Erarbeitung von Werkzeugen für die Planung und Dimensionierung von Carbonbetonteilen im Verbundvorhaben ISC: Industriestandard Carbonbeton

SP RUBIN-ISC III-a: Development of tools for the planning and dimensioning of carbon reinforced concrete parts in the joint project ISC: Industry standard carbon reinforced concrete

► **Förderer | Funding**

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) / RUBIN – Regionale unternehmerische Bündnisse für Innovation

► **Zeitraum | Period**

01/2022 – 12/2024

► **Teilprojektleiter | Subproject manager**

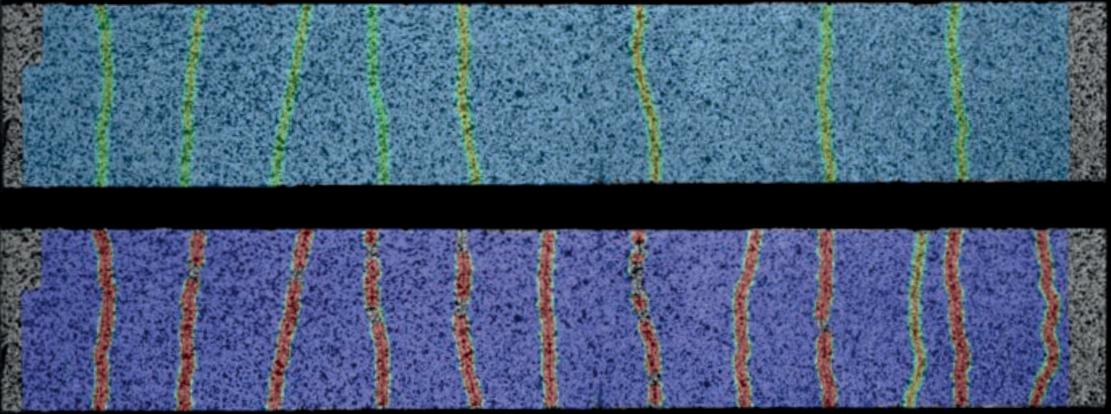
Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach

► **Team | Team**

Dipl.-Ing. Berk Gündogdu
Dr.-Ing. Harald Michler
David Sandmann, M.Sc.
Nazaib Ur Rehmann, M.Sc.

► **Projektpartner | Project partners**

15 Projektpartner, davon 13 Firmen als assoziierte Partner und zwei aus der Forschung



Entwicklung von Rissen, mit einem photogrammetrischen Messsystem an einem Carbonbeton-Dehnkörper beobachtet | Recording of crack development on a carbon reinforced concrete tensile specimen with a photogrammetric measuring system | Photo: David Sandmann

GEBRAUCHSTAUGLICHKEIT VON CARBONBETON SERVICEABILITY OF CARBON REINFORCED CONCRETE

Die wegweisende Erweiterung des Massivbaus durch Beton mit nichtmetallischer Carbonbewehrung eröffnet vielfältige tragwerksplane- rische sowie architektonische Möglichkeiten, die sowohl Neuerungen darstellen als auch bekannte Bauweisen adaptieren. Die Weiterentwicklung des innovativen Verbundwerk- stoffs Carbonbeton bildet zudem eine wichtige Grundlage für die Verbesserung der Nachhaltig- keit und Dauerhaftigkeit zementgebunde- ner Baukonstruktionen. Mit schlanken und dünnen Neubauteilen können Material eingespart und die Ressourceneffizienz verbessert werden. Zudem kann beim Bauen im Bestand eine erhebliche Verlängerung der Nutzungsdauer von Tragwerken durch eine Verstärkung mit Carbonbeton erreicht werden. Damit ist ein großes CO₂-Einsparungspotenzial verbunden.

Um die Anwendbarkeit von Carbonbeton nach deutschem Baurecht zu ermöglichen, sind Bauteile oder Verstärkungen entsprechend den anerkannten Regeln der Technik zu bemessen. Diese liegen zurzeit für Carbonbeton noch nicht vor, sodass Zustimmungen im Einzelfall oder allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen benötigt werden. Es reicht jedoch nicht aus, einzig die Sicherheit einer Konstruktion mit Aufnahme aller auftretenden Belastungen

The pioneering extension of solid construction by concrete with non-metallic carbon reinforcement opens up a wide range of possibilities for structural engineering as well as for architecture that represent both innovations and adaptations of familiar construction methods. The further development of the innovative composite material carbon reinforced concrete also forms an important basis for improving the sustainability and durability of cement-bound building structures. With slim and thin new building components, material can be saved and resource efficiency improved. In addition, when building in existing structures, a significant extension of the service life of load-bearing structures can be achieved by strengthening them with carbon reinforced concrete. This is associated with a large CO₂ savings potential.

To enable the applicability of carbon reinforced concrete under German building law, components or reinforcements must be designed in accordance with the recognized rules of technology. These are currently not yet available for carbon reinforced concrete, so that approvals in individual cases or general building approvals are required. However, it is not sufficient simply to ensure the safety of a structure with the absorption of all loads that occur. Equally, the proper use of the structure must be ensured under service

zu gewährleisten. Gleichmaßen muss unter Gebrauchsbedingungen die einwandfreie Nutzung des Tragwerks sichergestellt werden. Vor allem für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG) fehlen aber bisher allgemeingültige Modelle sowie Angaben zur baulichen Durchbildung. Im Verbundvorhaben CRC-BoDeM werden daher Regelungen zur Begrenzung der Rissweiten, der Verformungen und der Spannungen entwickelt sowie Nachweisverfahren für Übergreifungsstöße und zur Verankerung von nichtmetallischer Biegelängs- und Querkraftbewehrung erarbeitet. Vor allem die Betrachtung des Verbundes zwischen der nichtmetallischen Bewehrung und dem Beton ist dabei von großer Bedeutung.

Das Verbundvorhaben soll dazu beitragen, die Markteintrittsbarriere für Carbonbeton weitgehend auszuräumen. Wir in Dresden werden speziell die Verstärkung bestehender Stahlbetonkonstruktionen mit Carbonbeton betrachten. Die gesammelten Erkenntnisse fließen in praxistaugliche Regelungen für die Bauweise ein, sodass der technologische Reifegrad der Innovation Carbonbeton angehoben wird.



Verstärkung eines Plattenbalkens mit textiler Carbonbewehrung für einen Laborversuch | *Strengthening of a T-beam with textile carbon reinforcement for a laboratory test* | Photo: Sebastian May

conditions. However, there is a lack of generally applicable calculation models and information on the structural design, especially for the serviceability limit state (SLS). The CRC-BoDeM joint project is therefore developing rules for limiting crack widths, deformations and stresses, as well as verification methods for overlap joints and for anchoring non-metallic longitudinal bending and shear reinforcement. The analysis of the bond between the non-metallic reinforcement and the concrete is of particular importance.

The joint project is intended to help eliminate the market entry barrier for carbon reinforced concrete to a large extent. We in Dresden will look specifically at the strengthening of existing reinforced concrete structures with carbon reinforced concrete. The knowledge gained will be incorporated into practical regulations for the construction method so that the technological maturity of the innovation that is carbon reinforced concrete is raised.

► **Titel | Title**

TP Nachweiskonzepte für die Übergreifung und Verankerung von nichtmetallischer Bewehrung und Regeln zur baulichen Durchbildung im Verbundvorhaben CRC-BoDeM: Verbund, Verformung und Rissbildung im Carbonbetonbau – Modelle und Nachweiskonzepte zur Überführung in die Baupraxis

SP Design concepts for overlap and anchoring of non-metallic reinforcement and rules for structural design in the joint project CRC-BoDeM: Bond, deformation, and crack formation in carbon reinforced concrete (CRC) construction – models and design concepts for transfer into construction practice

► **Förderer | Funding**

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)

► **Zeitraum | Period**

03/2022 – 02/2025

► **Teilprojektleiter | Subproject manager**

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach

► **Bearbeiter | Contributor**

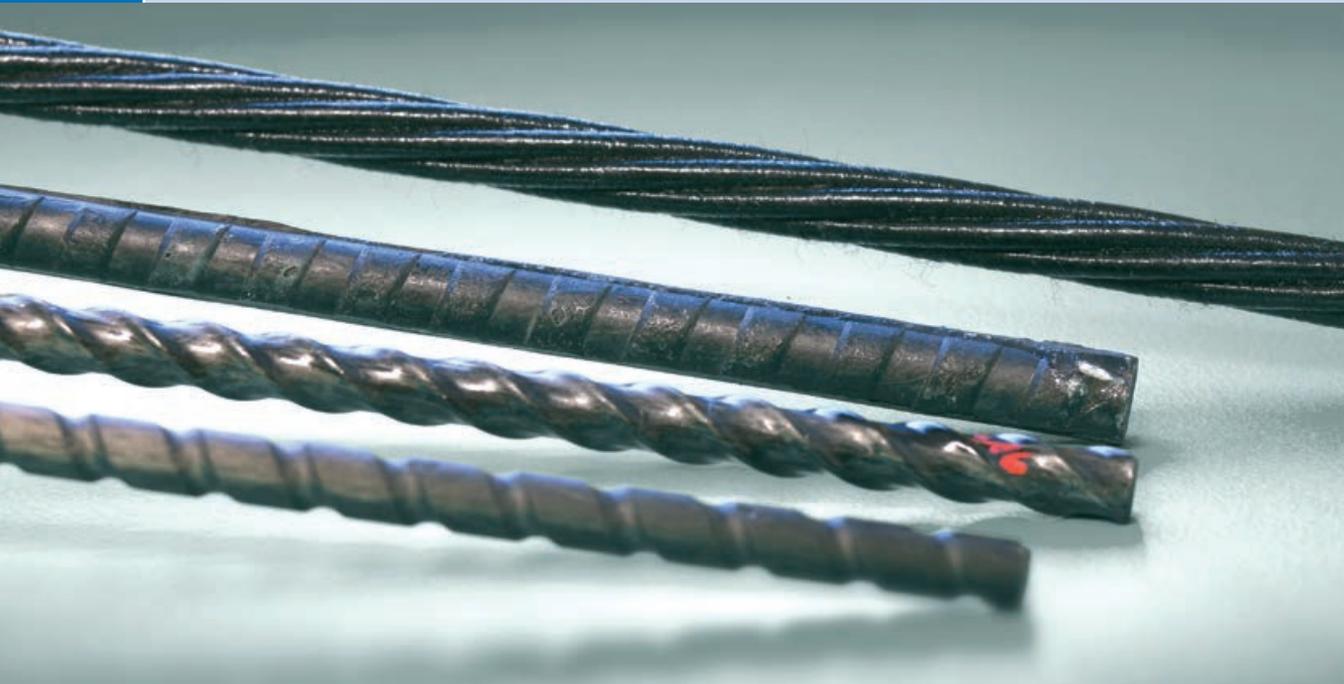
David Sandmann, M.Sc.

► **Projektpartner | Project partners**

Institut für Massivbau (IMB), RWTH Aachen University | H+P Ingenieure GmbH, Aachen | CARBOCON GmbH, Dresden | nessler Bau gmbh, Aachen | Hentschke Bau GmbH, Bautzen | A. Frauenrath Recycling GmbH, Heinsberg | solidian GmbH, Albstadt

► **Assoziierte Partner | Associated partners**

Hitexbau GmbH, Augsburg | Massenberg GmbH, Moritzburg/Boxdorf | Schöck Bauteile GmbH, Baden-Baden | V-Carbon GmbH, Taufkirchen | Wilhelm Kneitz Solutions in Textile GmbH, Hof



Stäbe mit unterschiedlichen Geometrien von verschiedenen Herstellern, die als Vorbild für den Stab aus rezyklierten Carbonfasern dienen können | Rods with diverse geometries from different manufacturers that can serve as a model for a rod made from recycled carbon fibers | Photo: Sven Hofmann

BEWEHRUNGEN AUS REZYKLIERTEN CARBONFASERN

REINFORCEMENTS MADE FROM RECYCLED CARBON FIBERS

Das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) geförderte Projekt EDISON-rCF untersucht den Recyclingprozess von carbonfaserverstärkten Kunststoffen von der Wertstoffaufbereitung bis hin zum neuen Bauteil. Die in diesem Projekt erzeugten Halbzeuge, also Gelege und Stäbe, aus rezyklierten Carbonfasern werden umfassend hinsichtlich der maßgebenden Eigenschaften Verbundverhalten, Zugfestigkeit, Dauerhaftigkeit und Verhalten bei unterschiedlicher Temperatur untersucht.

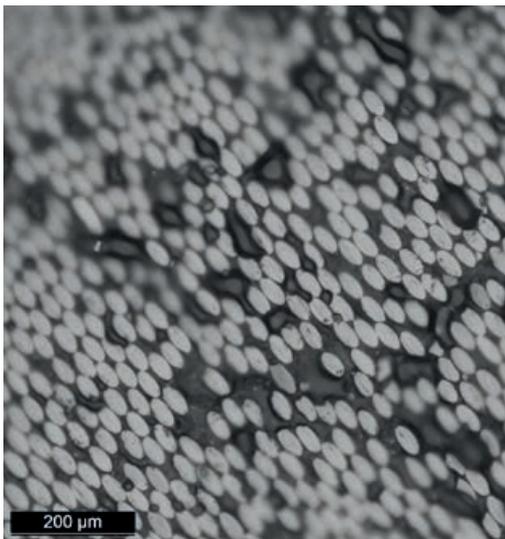
Zu Beginn wurden in einem Arbeitspapier die Anforderungen an die herzustellenden Halbzeuge zusammengestellt. Insbesondere die Faserlänge und die Faserorientierung in den Bewehrungen werden als wichtige Eigenschaften für das Tragverhalten angesehen.

Within the EDISON-rCF project, funded by the German Federal Ministry of Economics and Climate Protection (BMWK), the recycling process of carbon fiber reinforced plastics is being investigated from the preparation of recyclable materials to new components. The semi-finished products, like scrims and rods, made from recycled carbon fibers produced in this project will be extensively analyzed in regard to their most important properties, e.g. bond behavior, tensile strength, durability and behavior under different temperatures.

By preparing a working paper, it was possible to establish the requirements demanded of the semi-finished products to be manufactured. In particular, the fiber length and the fiber orientation in the reinforcements are considered to be important properties for the load-bearing behavior.

Essentiell für die Stab- und Gelegerherstellung ist außerdem die Tränkung der Carbonfasern. Um eine erste Aussage über ein geeignetes Tränkungsmittel treffen zu können, wurden Carbongarne aus rezyklierten Fasern mit Polymer, Duromer und Geopolymer getränkt. Anschließend wurde das Zugtragverhalten untersucht. Das mit Epoxidharz getränkte Garn setzte sich aufgrund der höchsten Zugfestigkeit und der höchsten Steifigkeit durch. Alle Garne versagten an der Stelle mit dem geringsten Querschnitt und ohne Vorankündigung. Mittels des Dünnschliffverfahrens konnte zudem eine Aussage über die Tränkungsqualität getroffen werden.

Die von einem Projektpartner aus rezyklierten Carbonfasern gefertigten profilierten Carbonstäbe besaßen einen äußeren Durchmesser von 10 mm und eine dem aktuellen Herstellungsprozess geschuldete, noch relativ geringe Länge von 60 cm. Die Stäbe wurden in 20 × 20 × 20 cm große Betonwürfel mit einer 5 cm langen Verbundlänge einbetoniert. Um eine Aussage über das Verbundverhalten der Stäbe treffen zu können, wurden sie in einem Pull-out-Versuch bis zum Versagen belastet. Alle untersuchten Stäbe versagten vor dem Eintritt eines Auszugs. Deshalb soll im weiteren Projektverlauf die Steigerung des inneren Verbundes des Stabs vorangebracht werden.



Querschnitt eines mit Epoxidharz getränkten Garns aus rezyklierten Carbonfasern | Cross section of an epoxy resin impregnated yarn made from recycled carbon fibers | Photo: Reichenberger IGCV

The impregnation of the carbon fibers is also essential for the manufacturing of bars and fabrics. In order to make an initial statement about the suitability of an impregnating agent, yarns made from recycled carbon fibers were impregnated with polymer, duromer, and geopolymer and investigated for the respective tensile behavior. The yarn impregnated with epoxy resin prevailed due to the highest tensile strength and the highest stiffness. All yarns failed at the point of lowest cross-section and without advance notice. Using the thin section method, it was also possible to assess the impregnation quality.

The profiled carbon rods made from recycled carbon fibers by one of our project partners had an outer diameter of 10 mm and a relative short length of 60 cm due to the current manufacturing process. The bars were embedded in 20 × 20 × 20 cm concrete cubes with 5 cm bond length. In order to be able to make a statement about the bond behavior of the bars, they were loaded to failure in a pull-out test. All bars tested failed before the onset of pull-out. Therefore, in the further course of the project, the increase of the inner bond of the bar is to be advanced.

► **Titel | Title**

TP Bewehrungsentwicklung und Charakterisierung stabförmiger Halbzeuge im Verbundvorhaben EDISON-rCF: Energieeffizienter und werkstoffgerechter Recyclingprozess von carbonfaserverstärkten Kunststoffen von der Wertstoffaufbereitung bis hin zum neuen Bauteil unter Anwendung eines innovativen Solvolysprozesses sowie der Entwicklung und Herstellung neuartiger standardisierter quasi-unidirektionaler Halbzeuge

SP Reinforcement development and characterization of bar-shaped semi-finished products in the joint project EDISON-rCF: Energy-efficient and material-appropriate recycling process of carbon fiber-reinforced plastics from the preparation of recyclables to the new component using an innovative solvolysis process and the development and production of novel standardized quasi-unidirectional semi-finished products

► **Förderer | Funding**

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)

► **Zeitraum | Period**

11/2020 – 12/2023

► **Teilprojektleiter | Subproject manager**

Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx

► **Bearbeiter | Contributor**

Dipl.-Ing. Enrico Baumgärtel

► **Partner | Partners**

Zeisberg Carbon GmbH, Hannover | DLR Institut für Faserbündellichtbau und Adaptionik, Braunschweig | Institut für Aufbereitungsmaschinen, TU Bergakademie Freiberg

► **Assoziierte Partner | Associated partners**

Extrathive SAS, Sorgues (FRA) | Fraunhofer IGCV, Augsburg | Veolia Umweltservice GmbH, Aubervilliers (FRA)



Rezyklierte Carbonfasern | *Recycled carbon fibers* | Photo: Enrico Baumgärtel

NEUE AUFGABE FÜR ALTE FASERN

NEW TASK FOR OLD FIBERS

Das Basisvorhaben B1 dient als Starterprojekt für das Gesamtvorhaben *WIRreFa: WIR! recyceln Fasern* im Rahmen der BMBF-Initiative *WIR! – Wandel durch Innovation in der Region*. Ziel des Gesamtvorhabens ist es, die Region Elbtal Sachsen zum Vorreiter in Bezug auf Aufbereitung und Wiederverwertung von Carbonfasern zu machen. Dabei steht das Herstellen neuer Bewehrungen aus rezyklierten nichtmetallischen Fasern im Vordergrund. Ein Downcycling wird kategorisch ausgeschlossen. Durch das Einbinden einer Vielzahl lokal ansässiger Firmen soll das Projekt eine möglichst große Anzahl an Innovationen hervorbringen.

Das Basisvorhaben B1 bildet neben einem weiteren Basisvorhaben die Grundlage für eine Vielzahl von Folgeprojekten. Ziel des Vorhabens ist es, ein Anforderungsprofil an die rezyklierten Fasern, deren Aufbereitung und Weiterverarbeitung zu erstellen. Dazu gehören das Aufstellen einer Prozesskette, die Entwicklung und Erprobung von Bewehrungen

*The basic project B1 serves as a starter project for the entire project *WIRreFa: WIR! recyceln Fasern* (in English: *WE! recycle fibers*) as part of the BMBF initiative *WIR! – Change through Innovation in the Region*. The aim of the overall project is to make the region “Elbe Valley Saxony” a pioneer in the reprocessing and recycling of carbon fibers. The focus is on producing new reinforcements from recycled non-metallic fibers. Downcycling is categorically excluded. By involving a large number of locally resident companies, the project is expected to generate as many innovations as possible.*

Together with a second basic project, the basic project B1 will be the basis for a large number of follow-up projects. The aim of the project is to create a requirements profile for recycled fibers, their preparation and further processing. This will be achieved by setting up a process chain, developing and testing reinforcements made from recycled fibers, and drawing up an application concept for

aus rezyklierten Fasern und das Erarbeiten eines Einsatzkonzepts zum Einsatz der rezyklierten Fasern in anderen, branchenübergreifenden Bereichen. Im Basisvorhaben sollen sich die Untersuchungen speziell auf die Anwendung der Fasern als Faserstrang, als Vlies oder als ungeordnete Anordnung im Faserbeton konzentrieren.

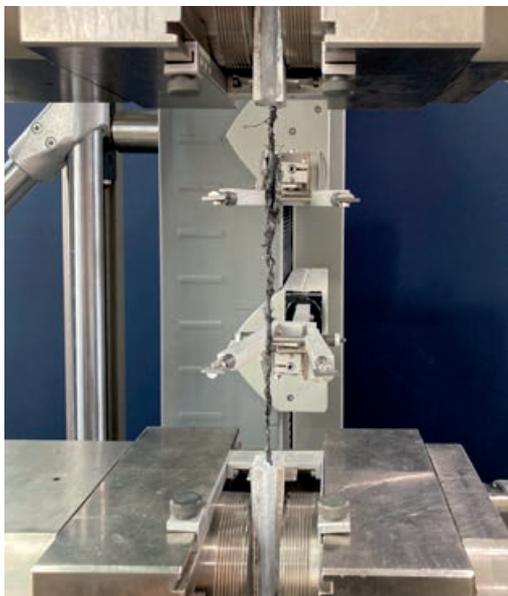
Weiterhin soll ein numerisches Modell für Halbzeuge aus rezyklierten Fasern erstellt werden. Maßgebend werden hier im Vergleich zu neuwertigen Bauteilen die spezifischen mechanischen Eigenschaften der kurzen Fasern sein. Durch die Berücksichtigung der ungeordneten Faserorientierung und der vorhandenen Rückstände an den Kurzfasern soll das Modell möglichst realitätsnah erstellt werden. Dieses numerische Modell wird durch praktische Versuche (Zugversuche, Verbundversuche) mit Halbzeugen aus rezyklierten Fasern kalibriert und angepasst.

Die abschließende Konzeption für den branchenübergreifenden Einsatz universeller, recycelter Faserkonstruktionen sieht die Anwendung von linear oder flächig aufbereiteten Faserprodukten inner- und außerhalb des Bauwesens vor.

the use of recycled fibers in other cross-sector areas. In the basic project, the investigations are to relate specifically to the application of the fibers as fiber strands, as nonwovens or as a disordered arrangement in short-fiber reinforced concrete.

Furthermore, a numerical model for semi-finished products made of recycled fibers is to be developed. The specific mechanical properties of the short fibers will be decisive here in comparison to as-new components. By taking into account the disordered fiber orientation and the presence of residues on the fibers, the model is to be created as close to reality as possible. This numerical model will be calibrated and adapted by experimental tests (tensile tests, bond tests) with semi-finished products made of recycled fibers.

The final concept for the cross-industry use of universal recycled fiber constructions envisages the application of linear or flat recycled fiber products inside and outside the construction industry.



Garnzugversuch an Garn aus rezyklierten Carbon-Kurzfasern | *Tensile test on a yarn made of recycled carbon short fibers* | Photo: Enrico Baumgärtel

► **Titel | Title**

WIRReFa-B1-TP1.1: Experimentelle und numerische Untersuchung von Betonkörpern im Verbundvorhaben WIR-B1: Von der Recyclingfaser zum neuen Produkt

WIRReFa-B1-SP1.1: Experimental and numerical investigation of concrete specimens in the joint project WIR-B1: From recycled fiber to new product

► **Förderer | Funding**

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) / WIRReFa: WIR! recyceln Fasern

► **Zeitraum | Period**

12/2022 – 01/2024

► **Verbundvorhabenleiter | Joint project manager**

Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx

► **Teilprojektleiter | Subproject manager**

Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx

► **Bearbeiter | Contributor**

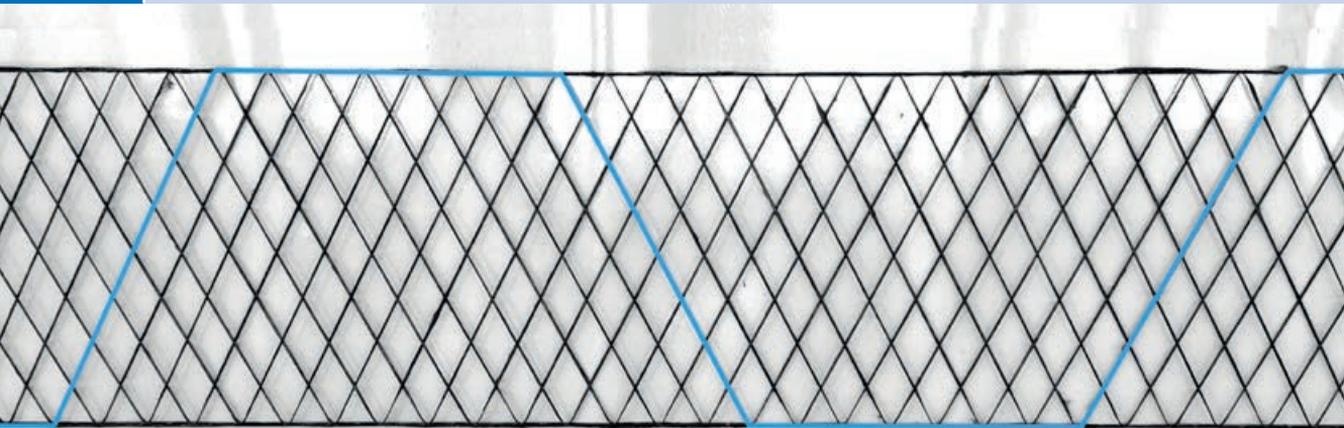
Dipl.-Ing. Enrico Baumgärtel

► **Projektpartner | Project partner**

CARBOCON GmbH, Dresden

► **Assoziierter Partner | Associated partner**

Johne & Groß GmbH, Heidenau



Verlauf der Carbonfasern im 2D-Netzgitterträger | Path of the carbon fibers in the 2D textile lattice girder | Photo: Paul Penzel (ITM, TU Dresden)

TEXTILE NETZGITTERTRÄGER FÜR HALBFERTIGTEILE

TEXTILE LATTICE GIRDER FOR SEMI-PRECAST ELEMENTS

Stahlbeton-Halbfertigteile wie Elementdecken und -wände ermöglichen im Bauwesen einen schnellen Baufortschritt bei geringem Schalungsaufwand. Die Korrosionsanfälligkeit von Betonstahl verhindert jedoch innovative Baukonstruktionen in ressourcenschonender Hohlkörperbauweise. Im Gegensatz zu herkömmlicher Stahlbewehrung bietet die Verwendung textiler, korrosionsunempfindlicher Bewehrungsmaterialien bspw. aus Carbonfasern das Potential zu wirtschaftlichen und ressourcensparenden Konstruktionen. Im Rahmen dieses Forschungsprojekts wird daher angestrebt, die in Halbfertigteildeckenplatten bisher verwendeten Stahlgitterträger durch dreidimensionale Netzgitterträger aus Carbonfasern zu ersetzen.

Dazu werden im Projekt zunächst die Anforderungen an die textile Struktur der Netzgitterträger hinsichtlich erforderlicher Durchmesser, Garnabstände und Geometrien festgelegt. Um die Begehbarkeit während der Montage sicherzustellen, ist eine ausreichende Druckstabilität zu gewährleisten. Dies wird erreicht, indem die Netzgitterträger bereits im Fertigteilwerk mit Beton ummantelt werden.

In the construction industry, semi-precast concrete elements such as element slabs and walls enable rapid construction progress with low formwork requirements. However, the susceptibility of steel reinforcement to corrosion prevents innovative building structures like resource-saving hollow core construction. In contrast, the use of textile reinforcement materials that are insensitive to corrosion, such as carbon fibers, offers the potential for economical and resource-saving constructions. This research project therefore aims to replace the steel lattice girders previously used in semi-precast floor slabs with three-dimensional lattice girders made of carbon fibers.

For this purpose, the project first defines the requirements for the textile structure of the lattice girders in terms of required diameters, yarn spacing and geometries. In order to ensure walkability during assembly, sufficient compressive stability must be ensured. This is achieved by encasing the mesh girders in concrete already in the precast plant.

To characterize the textile-physical properties of the carbon fiber yarns (rovings), tensile and buckling tests are carried out, whereas the

Zur Charakterisierung der textilphysikalischen Eigenschaften der Carbonfaserstränge (Rovings) werden Zug- und Knickversuche durchgeführt, wohingegen die Verbundtragfähigkeit im Beton durch Ausziehversuche an umgelenkt einbetonierten Garnen charakterisiert wird. Die ermittelten Kennwerte dienen als Eingangswerte für ein Simulationsmodell zur numerischen Berechnung der Netzgitterträger im weiteren Projektverlauf.

Darüber hinaus sind im Rahmen dieses Projekts Biegeversuche an zweidimensionalen Netzgitterstrukturen vorgesehen. Ziel dieser Versuche ist, die Biegetragfähigkeit der Netzgitterstrukturen und deren Verbundtragfähigkeit im Beton zu ermitteln. Die Ergebnisse der Untersuchungen tragen zur Validierung des entwickelten FE-Modells bei.

Darauf aufbauend werden dreidimensional umgeformte textile Netzgitterträger bautechnisch erprobt. Dazu wird ein Demonstrator eines Deckenelements mit textilen Netzgitterträgern und Hohlräumen gefertigt und dessen Tragfähigkeit in einem Biegeversuch experimentell ermittelt. Diese Untersuchungen dienen als Grundlage für einen abschließenden Vergleich der Leistungsfähigkeit der neuen textilbewehrten Halbfertigteile und der konventionellen Stahlbeton-Halbfertigteile.

bond behavior is characterized by pull-out tests on yarns embedded in concrete in a deflected manner. The characteristic values determined serve as input values for a simulation model for the numerical calculation of the lattice girders in the further course of the project.

In addition, bending tests on two-dimensional textile lattice structures are planned as part of this project. The aim of these tests is to determine the flexural strength of the mesh structures and their composite strength in concrete. The results of the tests will contribute to the validation of the FE model developed.

Based on this, three-dimensionally formed textile lattice girders will be tested. For this purpose, a demonstrator of a floor element with textile lattice girders and cavities is manufactured and its load-bearing capacity is experimentally determined in a bending test. These investigations will serve as the basis for a final comparison of the performance of the new textile reinforced semi-precast elements and conventional steel reinforced concrete semi-precast elements.



Demonstrator des Netzgitterträgers | *Demonstrator of the textile lattice girder* | Photo: Paul Penzel (ITM, TU Dresden)

► **Titel | Title**

Entwicklung von textilen 3D-Netzgitterträgern und deren Herstellungstechnologie für die effiziente Fertigung von leichten Carbonbetonfertigteilen

Development of textile 3D lattice girders and their manufacturing technology for the efficient production of lightweight prefabricated carbon reinforced concrete slabs

► **Förderer | Funding**

Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) / Forschungskuratorium Textil e. V.

► **Zeitraum | Period**

05/2021 – 07/2023

► **Teilprojektleiter | Subproject manager**

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach

► **Team | Team**

Marina Stümpel, M.Sc., Dr.-Ing. Harald Michler

► **Projektpartner | Project partner**

Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik (ITM), TU Dresden



Biegeversuch an einer Platte mit übergreifenden FVK- und Stahlstäben | *Bending test on a plate with overlapping FRP and steel reinforcement* | Photo: Chongjie Kang

VERANKERN, ABER RICHTIG! *ANCHORING, BUT PROPERLY!*

Dank ihrer hervorragenden Materialeigenschaften ermöglichen Faserverbundkunststoffe (FVK) besonders effiziente, leichte und wirtschaftliche Tragstrukturen. Durch die hohe Zugfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit und sehr geringe Wärmeleitfähigkeit eignen sich FVK-Bewehrungen besonders gut für dünne, hochbeanspruchte Betonkonstruktionen, aber auch für Anwendungen in aggressiver Umgebung. Um das Potential dieser innovativen Werkstoffe vollständig nutzen zu können, sind experimentell verifizierte Kenntnisse zum Verbundtragverhalten erforderlich.

Dazu wurden in diesem Projekt zunächst Auszugversuche an verschiedenen FVK-Bewehrungen und auch an Stahlbewehrung durchgeführt. Als Ergebnis wurden die Kraft-Schlupf-Beziehungen für die geprüften Varianten ausgewertet und verglichen. Um das Verbundverhalten der FVK-Stäbe weiter zu analysieren, wurden zudem nichtlineare numerische Untersuchungen mit der FE-Software ANSYS durchgeführt. Im Fokus der Berechnungen standen dabei das lokale Verformungsverhalten des Betons sowie die inneren Spannungszustände und die innere Rissbildung.

Thanks to their outstanding material properties, fiber-reinforced plastics (FRP) enable particularly efficient, lightweight and economical structures. Due to their high tensile strength, corrosion resistance and very low thermal conductivity, FRP reinforcements are particularly well suited for thin, highly stressed concrete structures and in aggressive environments. To fully exploit the potential of these innovative materials, experimentally verified knowledge of bond behavior is required.

To this end, pull-out tests were first carried out on various FRP reinforcements and steel reinforcement in this project. As a result of the investigations, the force-slip relationships for the investigated variants were evaluated and compared. In order to further investigate the bond behavior of the FRP bars, nonlinear numerical investigations were also carried out using the FE software ANSYS. The calculations focused on the local deformation behavior of the concrete as well as the internal stress states and internal cracking.

In addition, the load-bearing behavior on slabs with overlapping FRP reinforcement and conventional reinforcing steel was investigated.

Darüber hinaus wurde das Tragverhalten an Platten mit übergreifender FVK-Bewehrung und herkömmlichem Bewehrungsstahl experimentell ermittelt. In diesem Zusammenhang wurden verschiedene Arten von Versuchen realisiert: Zugversuche an reinen FVK- und an Stahlstäben zur Bestimmung der Materialeigenschaften wie Zugfestigkeit und E-Modul sowie Übergreifungsversuche zwischen FVK- und Stahlstäben, um den Lastabtrag im Übergreifungsbereich zu untersuchen. Bei allen Versuchen wurden quasikontinuierliche faseroptische Dehnungsmessungen herangezogen, um die Dehnungsentwicklung in den Stäben zu quantifizieren. Als Begleituntersuchungen wurden Verbundversuche mit langer Verbundlänge durchgeführt, um die Eignung verschiedener faseroptischer Sensoren und verschiedener Applikationsvarianten für die Übergreifungstests abzuschätzen. Aus diesen Versuchen ging hervor, dass die kombinierte Übergreifung von FVK-Stäben und Bewehrungsstahl die Tragfähigkeit nicht negativ beeinflusst, sondern zu höheren Tragfähigkeiten als bei den Versuchskörpern mit übergreifendem herkömmlichem Bewehrungsstahl führt.

In this context, different types of tests were realized: tensile tests on pure FRP bars and on steel bars to determine the material properties such as tensile strength and Young's modulus, and tests with overlapping FRP and steel bars to investigate the load transfer in the overlapping area. Quasi-continuous fiber optical strain measurements were used in all tests to quantify the strain development in the bars. As accompanying investigation, pull-out tests with a long bond length were performed to assess the suitability of different fiber optical sensors and different application variants for the lap tests. From the lap tests, it was found that the combined lap of FRP bars and reinforcing steel does not negatively affect the load-carrying capacity, but leads to higher load-carrying capacities than the test specimens with overlapping conventional reinforcing steel.



Ausziehversuch mit langer Verbundlänge | *Pull-out test with long bond length* | Photo: Chongjie Kang

► **Titel | Title**

Entwicklung neuartiger praxistauglicher Verankerungs- und Übergreifungslösungen von Bewehrung aus Faserverbundkunststoff

Development of new applicable anchorage and lap solutions for fiber composite reinforcement

► **Förderer | Funding**

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) / ZukunftBau

► **Zeitraum | Period**

03/2020 – 05/2022

► **Projektleiter | Project manager**

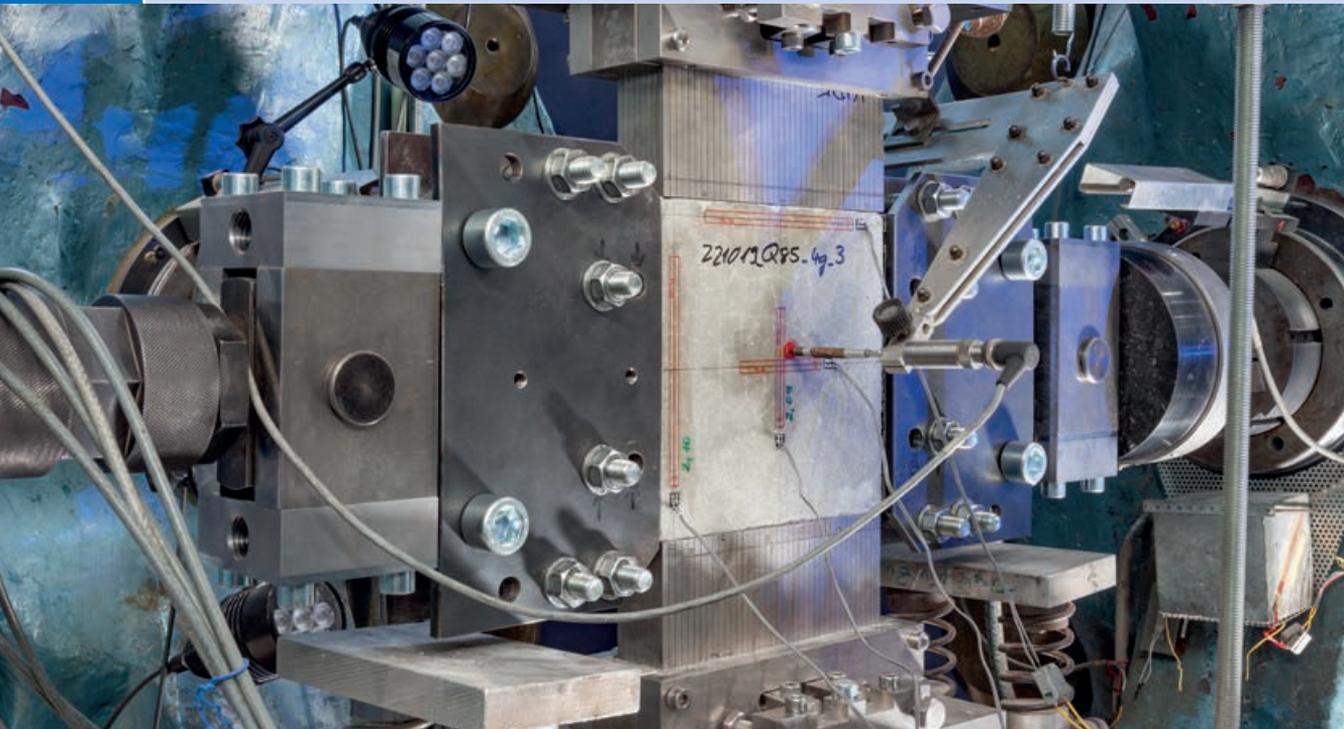
Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx

► **Team | Team**

Jiafeng Zhou, M.Eng.
Dr.-Ing. Chongjie Kang
Marina Stümpel, M.Sc.

► **Projektpartner | Project partners**

Professur Bauchemie und Polymere Werkstoffe, Bauhaus-Universität Weimar | HALFEN GmbH, Langenfeld



Probekörper im Drucktest mit Querzug | Sample during a compressive load test with transverse tension | Photo: Stefan Gröschel

NÄCHSTER ZUG DER DRUCKBEMESSUNG

TENSION IN COMPRESSION DESIGN

Mit fortschreitender Forschung werden immer weitere Bemessungsmodelle für den Carbonbetonbau entwickelt, was zu einer Reduzierung der Markteintrittsbarrieren führt und dabei hilft, den Werkstoff zu etablieren. Zum Zugtragverhalten von Carbonbeton liegen inzwischen eine umfangreiche Datenbasis und eine Vielzahl an Bemessungsansätzen vor. Wie genau das Material in druckbeanspruchten Bereichen ausgenutzt werden kann, ist hingegen in einigen Details noch zu klären.

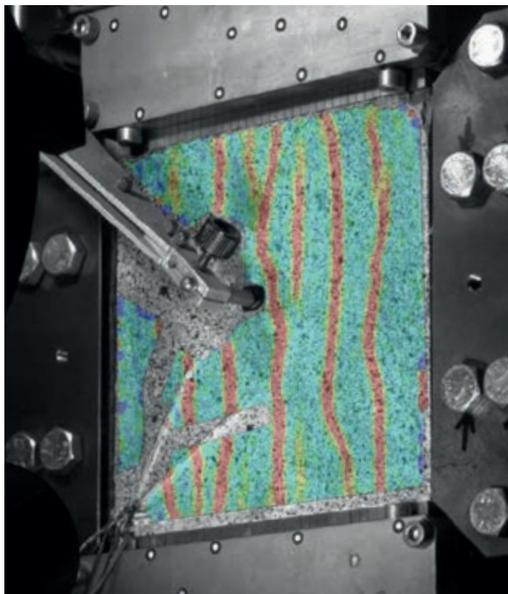
Nachdem in Phase 1 des Forschungsprojekts der Einfluss von Carbonbewehrung in verschiedenen Konfigurationen auf die einaxiale Druckfestigkeit des Werkstoffs untersucht wurde, behandelt die hier beschriebene zweite Phase zweiachsiges Spannungszustände. Neben den Tests mit zweiachsialen Druckbeanspruchungen, welche bereits abgeschlossen werden konnten und die die aus dem Stahlbetonbau bekannte Steigerung der Betondruckfestigkeit genauer untersuchen sollten, steht dabei der Einfluss ei-

As research progresses, more design models are being developed for carbon reinforced concrete construction, which reduces market barriers and helps to establish the material. According to the tensile load-bearing behavior of carbon reinforced concrete, an extensive database and a large number of design approaches are available. The extent to which the material can be taken into account in areas subjected to compressive stress is still relatively open.

In the first project phase, the influence of carbon reinforcement in different configurations on the uniaxial compressive strength was investigated. The second phase described here deals with biaxial stress conditions. In addition to the tests with biaxial compressive stresses, which have already been completed and were intended to investigate the increase in concrete compressive strength known from steel reinforced concrete (RC), the focus is on the influence of a transverse tensile stress induced in addition to the compressive load. It is known from steel reinforced concrete

ner zusätzlich zur Druckbelastung induzierten Querkzugbeanspruchung im Fokus. Aus dem Stahlbetonbau ist bekannt, dass die damit einhergehende Rissbildung des Prüfkörpers bzw. des Bauteils zu einer signifikanten Abminderung der aufnehmbaren Druckkräfte führt. Beachtet werden muss dieser Effekt u. a. bei der Bemessung für Querkräfte und Torsionsbeanspruchung.

Bei der Versuchsdurchführung werden sowohl proportionale Lastpfade abgefahren – hierbei werden Druck- und Zugkraft in einem festen Verhältnis zueinander gesteigert – als auch vordefinierte Zugdehnungsniveaus in der Bewehrung angesteuert und anschließend die verbliebene Tragfähigkeit unter Druckbeanspruchung geprüft. Mithilfe von Harzblöcken, die die Carbonbewehrung in den Lasteinleitungsbereichen umschließen, kann auch bei den begrenzten Platzverhältnissen der mehraxialen Prüfmaschine eine ausreichend hohe Zuglast in die Probekörper eingebracht werden, ohne dass es zu einem Verbundversagen der Bewehrung in den Verankerungsbereichen kommt. Es werden unterschiedliche Bewehrungskonfigurationen untersucht, um u. a. den Einfluss des Bewehrungsgrads und des Tränkungsmaterials genauer zu analysieren, und auch die Herstellungsart variiert.



Photogrammetrische Aufnahme des Rissbilds | *Photogrammetric image of the crack pattern* | Photo: Peter Betz

construction that the associated cracking of the specimen or component leads to a significant reduction in the compressive forces that can be absorbed. This effect must be taken into account, among other things, in the design for shear and torsional stress.

During the tests, two loading paths are considered. In the case of proportional loading, both introduced loads, i.e. compressive and tensile forces, are increased in a fixed ratio. In the second scenario, a predefined tensile strain level in the reinforcement is approached and then the remaining load-bearing capacity under compressive stress is tested. With the help of resin blocks that enclose the carbon reinforcement in the load application areas, a sufficiently high tensile load can be applied to the specimens without causing bond failure of the reinforcement in the anchorage areas, even with the limited space available in the multi-axial testing machine. Different reinforcement configurations are investigated in order to define more precisely, among other things, the influence of the degree of reinforcement or of the impregnation typ, and the method of manufacture also varies.

► **Titel | Title**

Experimentelle Untersuchung des Tragverhaltens von Textilbeton unter Druckbeanspruchung – Phase 2: Einfluss biaxialer Lasteintragung

Experimental investigation of the load bearing behavior of textile reinforced concrete under compression load – 2nd phase: Influence of biaxial load application

► **Förderer | Funding**

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

► **Zeitraum | Period**

09/2015 – 05/2018 (Phase 1)
03/2019 – 05/2023 (Phase 2)

► **Projektleiter | Project manager**

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach

► **Team | Team**

Dipl.-Ing. Peter Betz
Dipl.-Ing. Kathrin Dietz, Rainer Belger (Versuchsdurchführung)
Mario Polke-Schminke (Probekörperherstellung)
Martin Findeisen (Photogrammetrie)
Maik Patricny, Bernd Wehner, Annett Pöhlend (Applikation Messtechnik)



Rohbau des Technikgebäudes für das neue Hydraulik-Aggregat | Shell construction of the technical building for the new hydraulic unit |
 Photo: Karoline Holz

CARBONBETONTECHNIKUM IN DRESDEN

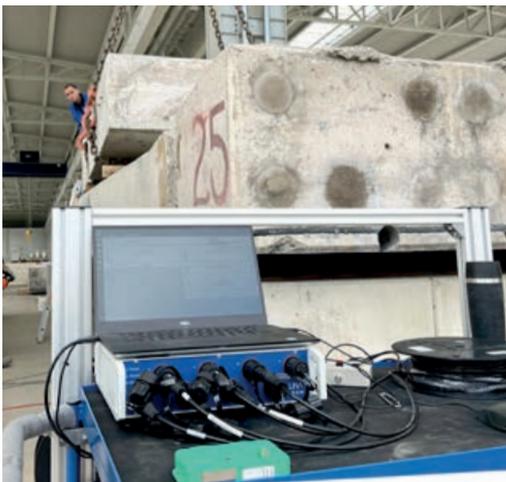
CARBON REINFORCED CONCRETE TECHNICAL CENTER IN DRESDEN

Mit dem Aufbau des Carbonbetontechnikums wird ein Forschungszentrum für die stetige Weiterentwicklung von Carbonbeton geschaffen. Dies dient der Verstetigung der C³-Strategie sowie einer stetig verbesserten Nutzbarmachung der Carbonbetonbauweise. Ein angestrebter erhöhter Marktanteil des Carbonbetonbaus erfordert auch, dass die für die Baumaßnahmen erforderlichen Materialkennwertermittlungen zeitnah, zuverlässig und mit hoher Prüfqualität durchgeführt werden können. Am OML der TU Dresden werden durch Ergänzung der Prüfmaschinen einerseits die Kapazität der durchführbaren Materialprüfungen erhöht und andererseits die zur Verfügung stehenden Prüfmethoden um die Materialkennwertermittlung unter mehraxialer sowie hochdynamischer Beanspruchung erweitert. Die beantragte Investition dient der Verstetigung der Carbonbetonforschung, aber auch der Erschließung neuer Forschungsfelder.

The goal of the project is to extend the testing laboratory with and to create a testing center for carbon reinforced concrete. This serves to consolidate the C³ strategy and make carbon reinforced concrete construction usable. A targeted increase in the market share of carbon reinforced concrete construction also requires that the material parameters needed for the execution of the construction measures can be carried out promptly, reliably and with a high quality. This includes the required scope of the material tests, their feasibility in terms of time and the test quality. At the Otto Mohr Laboratory of the TU Dresden, the capacity of the material tests that can be run concurrently is increased on the one hand by supplementing the testing machines. On the other hand, the test methods are expanded to include material parameter determination under multiaxial and highly dynamic loads. The requested investment serves to consolidate carbon reinforced

Das Carbonbetontechnikum erlaubt den in Wissenschaft und Forschung tätigen Institutionen, das neu erworbene Wissen zur Bauweise erstmals kohärent anzuwenden und für die Anforderungen des Marktes zu validieren. Die Erfolgsaussichten werden als sehr gut eingeschätzt und stellen eine notwendige Vorbereitung für die Verstetigung der Carbonbetonbauweise dar. Es werden die Überführung von Forschungsergebnissen in die wirtschaftliche Verwertung beschleunigt und somit die Wirtschaftlichkeit erhöht. Des Weiteren ergeben sich neue Möglichkeiten der Validierung und Transferierung von neuem Wissen aus der Forschung in die Praxis, wodurch Innovationen aus dem Bauwesen gesichert werden können, indem sowohl Unternehmen als auch Wissenschaftseinrichtungen in den daraus resultierenden Prozess involviert werden. Die wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit ist über das C³-Projekt hinaus gegeben. Durch die Investition des Carbonbetontechnikums wird die Voraussetzung für weitere Entwicklungsleistung wie auch für wirtschaftliche Anwendungen im Bereich des Carbonbetonbaus gegeben sein.

Das Carbonbetontechnikum wird durch den kohärenten Ansatz sowohl für das C³-Konsortium als auch für das Bauwesens und der Textilindustrie als Instanz dienlich sein.



Neben der Hydraulik für die Prüfmaschinen ist weitere Messtechnik wie z. B. ein faseroptisches Messsystem LUNA und Messverstärker Bestandteil der Prüflaborinvestition | *In addition to the hydraulics for the testing machines, other measurement devices such as a LUNA fiber optic measurement system and measurement amplifiers are part of the test laboratory investment* | Photo: Max Herbers

concrete research, but also to open up new research fields.

The carbon reinforced concrete technical center allows institutions active in science and research to coherently apply the newly acquired knowledge of construction for the first time and to validate it for the requirements of the market. The prospects of success are assessed as very good and represent a necessary preparation for the stabilization of the carbon reinforced concrete construction method. The transfer of research results into commercial exploitation is accelerated and thus the profitability is increased. Furthermore, there are new possibilities for the validation and transfer of new knowledge from research into practice, whereby innovations from the construction industry can be secured by involving both companies and scientific institutions in the resulting process. The scientific and economic connectivity is given beyond the C³ project. The investment in the carbon reinforced concrete technical center will provide the basis for further development work as well as for economic applications in the field of carbon reinforced concrete construction.

The carbon reinforced concrete technical center will be useful as an authority for the C³ consortium as well as for the construction and textile industry thanks to the coherent approach.

► **Titel | Title**

CARBONBETONTECHNIKUM DEUTSCHLAND – Prüflabor
 CARBONBETONTECHNIKUM DEUTSCHLAND – testing laboratory

► **Förderer | Funding**

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) /
 C³ – Carbon Concrete Composite

► **Zeitraum | Period**

05/2019 – 04/2022

► **Projektleiter | Project manager**

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach

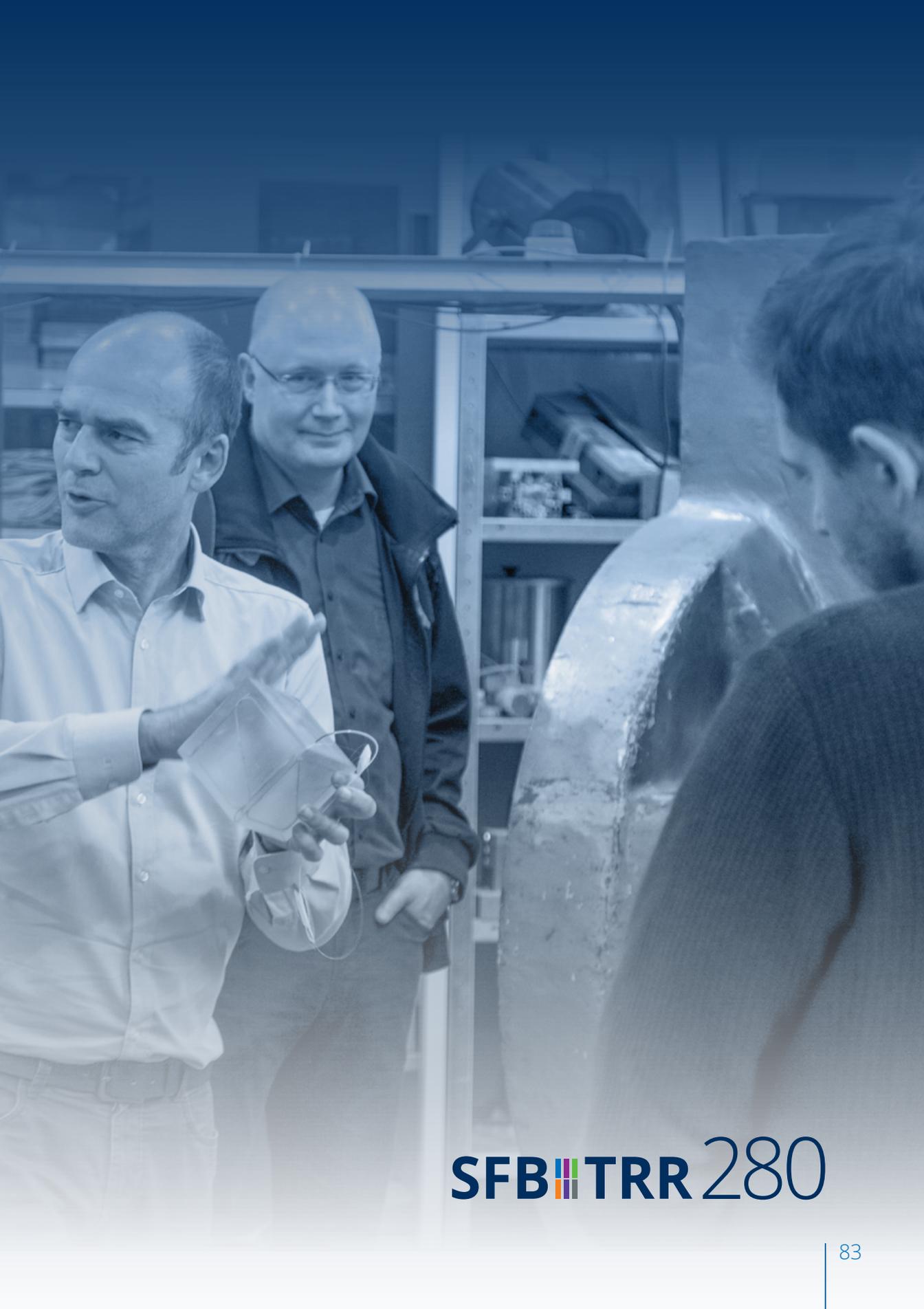
► **Team | Team**

Dr.-Ing. Birgit Beckmann
 Dr.-Ing. Karoline Holz
 Dr.-Ing. Torsten Hampel



Sonderforschungsbereich/Transregio 280

Collaborative Research Center/Transregio 280



SFB  **TRR 280**



Jahrestreffen im Herbst 2022 in Dresden | Annual meeting in fall 2022 in Dresden | Photo: Stefan Gröschel

INTERDISZIPLINÄRE FORSCHUNG IM SFB/TRR 280

INTERDISCIPLINARY RESEARCH IN THE CRC/TRR 280

Im Sonderforschungsbereich/Transregio 280 (SFB/TRR 280) arbeiten Forschende ganz unterschiedlicher Fachrichtungen interdisziplinär zusammen, um neue Konstruktionsprinzipien für Carbonbetonstrukturen zu entwickeln. Nachdem der SFB/TRR 280 seit Beginn unter starken Corona-Einschränkungen gearbeitet hatte, waren in diesem Jahr erstmals reale Treffen aller Mitwirkenden möglich. 2022 fanden zwei SFB-Kolloquien statt, inklusive etlicher Laborführungen. So wurden beim Frühjahrskolloquium an der RWTH Aachen sowohl das Beton- und Baustofflabor am Institut für Baustoffforschung (ibac) als auch das Labor des Instituts für Massivbau (IMB) besichtigt. Das Alfred-Hütter-Labor des Instituts für Baustoffe (IfB) der TU Dresden wurde im Rahmen des Forschungskolloquiums des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb), das im September 2022 in Dresden stattfand und bei dem auch der SFB/TRR 280 vertreten war, besucht. Beim Herbstkolloquium, ebenfalls in Dresden, standen unser Otto-Mohr-Labor sowie das Carbonbetongebäude „CUBE“ auf dem Programm.

Bei dem im Sommer 2022 durchgeführten Promovierendenworkshop „Erkenntnisphilo-

The central objective of the Collaborative Research Center/Transregio 280 (CRC/TRR 280) is to develop new design principles for carbon reinforced concrete structures. To achieve this goal, scientists from very different disciplines work together in an interdisciplinary way. After the CRC/TRR 280 had been working under severe corona restrictions since the beginning of the project, real meetings of all contributors were possible for the first time in 2022. This year, two CRC/TRR 280 colloquia were held. Several laboratory tours also took place. At the spring colloquium, for example, all participants were able to visit the concrete and building materials laboratory at the Institute for Building Materials Research at RWTH Aachen University (ibac) as well as the laboratory of the Institute for Structural Concrete (IMB) at RWTH Aachen University.

At the PhD workshop “Philosophy of cognition and cross-over creativity” held in the summer of 2022, cognitive bridges were built between different subjects and, for example, the connections between mathematical interlocking and masonry arches, between truss framework constructions and textile thread running, between embroidery and binary and non-binary pixel graphics, between

sophie und Cross-over-Kreativität“ wurden Erkenntnisbrücken zwischen verschiedenen Fächern gebaut und z. B. die Zusammenhänge zwischen mathematischer Verriegelung und Mauerwerksbögen, zwischen Fachwerkkonstruktionen und textilem Fadenlauf, zwischen Stickerei und binärer und nichtbinärer Pixelgrafik, zwischen mathematischen Regelflächen und Fadengrafik und weitere interdisziplinäre Verknüpfungen ergründet. Im Rahmen des Workshops wurden textile Grundtechniken nicht nur erläutert, sondern auch im Grundsatz praktisch erlernt und durchgeführt. Vor diesem Hintergrund war es umso eindrucksvoller, dass im Anschluss an den Workshop das Technikum des Instituts für Textiltechnik (ITA) der RWTH mit ca. 250 Textilmaschinen und Prüfständen besichtigt und Einblicke in verschiedenste Felder und Prozessstufen der Textiltechnik gewonnen werden konnten.

Hinzu kamen zahlreiche wechselseitige Austauschaufenthalte zwischen Promovierenden verschiedener Teilprojekte aus Dresden und Aachen, um gemeinsam zu diskutieren und in den Laboren zu forschen. War die Zusammenarbeit im SFB/TRR 280 auch unter Coronabedingungen schon sehr gut, so ist sie durch die reale Begegnung auf den Kolloquien und den wechselseitigen Austausch in den Laboren und Instituten noch umso mehr beflügelnd geworden.



Laborführung im OML | *Lab tour in the OML* | Photo: Stefan Gröschel

mathematical shelf spaces and thread graphics, and other interdisciplinary links were explored. During the workshop, basic textile techniques were not only explained, but also learned and executed in principle. Against this background, it was all the more impressive that, following the workshop, the technical center of the Institute of Textile Technology (ITA) of RWTH University with approx. 250 textile machines and test stands could be visited and insights gained into the most diverse fields and process stages of textile technology.

The Alfred-Hütter-Laboratory of the Institute for Building Materials (IfB) of the TU Dresden could be visited during the research colloquium of the German Committee for Reinforced Concrete, which took place in Dresden in September this year and where research of the CRC/TRR 280 was presented, too. At the autumn colloquium in Dresden, our Otto Mohr Laboratory as well as the carbon reinforced concrete house "CUBE" were presented within a detailed guided tour.

In addition, there were numerous mutual exchange visits between PhD students of different subprojects from Dresden and Aachen to conduct joint research in the laboratories. If the collaboration in CRC/TRR 280 was already very good even under corona conditions, it has become even more inspiring through the real encounter at the colloquia and the mutual exchange in the laboratories and institutes.

► **Titel | Title**

SFB/Transregio 280: Konstruktionsstrategien für materialminimierte Carbonbetonstrukturen – Grundlagen für eine neue Art zu bauen

CRC/Transregio 280: *Design Strategies for Material-Minimised Carbon Reinforced Concrete Structures—Principles of a New Approach to Construction*

► **Förderer | Funding**

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) / SFB/TRR 280

► **Zeitraum | Period**

07.2020 – 06.2024

► **Sprecher | Spokesperson**

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach

► **Geschäftsführerin | Chief executive**

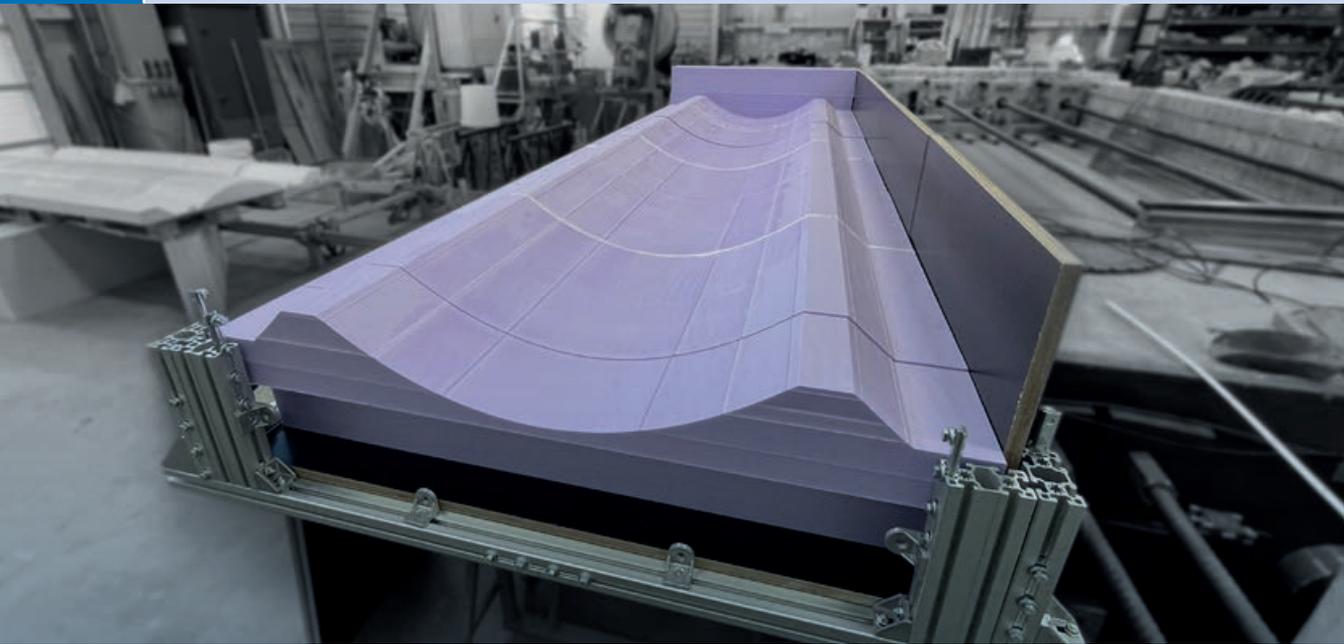
Dr.-Ing. Birgit Beckmann

► **Controlling | Controlling**

Ines Niemetz

► **Partner | Project partners**

18 Forschungsinstitute der TU Dresden und der RWTH Aachen University sowie dem Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e. V.



Vorbereitung für das Betonieren einer Carbonbetonschale ohne Vakuum unter Verwendung einer Styroporschalung | Preparation for the concrete casting of carbon reinforced concrete shell without vacuum using a styropor formwork | Photo: Iurii Vakaliuk

VALIDIERUNG DES NUMERISCHEN MODELLS VALIDATION OF THE NUMERICAL MODEL

Für die erfolgreiche und koordinierte Umsetzung der anstehenden Arbeitspakete des C01-Projekts im SFB/Transregio 280 war es wichtig, die Vorarbeit in beiden Schwerpunktbereichen des Projekts soweit abzuschließen, dass klare Entwurfs- und Prüfabläufe vorliegen. Es wurden grundlegende experimentelle Fragen gelöst und eine Versuchsrechnung der einfach gestützten Bogenschale durchgeführt. Sowohl das Ergebnis der numerischen Analyse als auch die experimentellen Ergebnisse müssen in den nächsten Schritten der Projektbearbeitung abgeglichen werden.

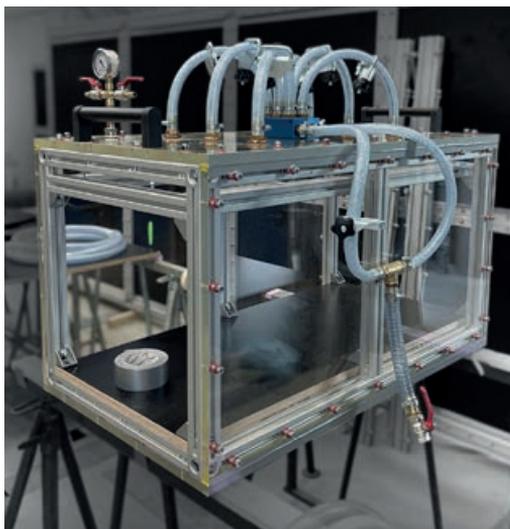
2022 wurde eine spezielle Mehrzweckschalung entwickelt, die das Betonieren von Carbonbetonproben unterschiedlicher Form ermöglicht. Für eine kontrollierte Formgebung werden die Proben in einer Hülle aus extrudiertem Polystyrol (XPS) gegossen. Jeder XPS-Block wurde mit einer Heißdraht-CNC-Maschine zugeschnitten und anschließend mit einer Schicht aus Epoxidharz versehen, um eine gute Trennung von der ausgehärteten Beton-

For the successful and coordinated implementation of the upcoming work packages of the C01 project of CRC/Transregio 280, it was important to complete the preparatory work in both key areas of the project in order to make clear design routines and test processes available. Basic experimental questions were solved and trial calculation of the simply supported arch-like shell performed. Both the results from the numerical analysis and experimental results are getting to be matched in the upcoming working steps of the project.

In 2022, a special multipurpose concrete box was assembled for the concreting of carbon reinforced concrete samples with various shapes and geometries. To precisely control the shape, the samples assumed to be casted within the envelope made of extruded polystyrene (XPS). Each XPS block was cut using a hot wire CNC machine and covered afterwards with a layer of epoxy resin to ensure good separation of the hardened concrete sample during demoulding. With the help of automatically generated and 3D printed

probe zu gewährleisten. Mit automatisch generierten und 3D-gedruckten Abstandhaltern kann die Textilbewehrung sehr genau in der gewünschten Position gehalten werden.

Darüber hinaus widmete sich ein großer Teil der Projektstätigkeit der Vorbereitung des Betonierens unter Vakuumbedingungen. Das geplante Gießverfahren wird als *Vacuum-Infused Textile Reinforced Concrete Moulding* (kurz: VI-TRC-M) bezeichnet. Dazu wurden zwei Vakuumkammern konstruiert und hergestellt. Die kleinere Kammer zielte darauf ab, alle erforderlichen Standardproben zeitgleich betonieren zu können. Die Proben werden für Zug-, Druck- und Spaltversuche verwendet. Auch sind Standardversuche am Komposit Carbonbeton vorgesehen. Die zweite, größere Kammer ist zum Gießen von großformatigen TRC-Elementen mit maximalen Abmessungen von bis zu 3,5 m Länge, 1,1 m Breite und 0,4 m Höhe geeignet. Diese Kammer ist mit zwei für das Projekt wichtigen Funktionen ausgestattet. Zum einen kann sowohl unter Vakuum als auch unter normalen, also Nicht-Vakuumbedingungen betoniert werden. Zum anderen bieten Verbindungselemente die Möglichkeit einer Erweiterung der Geometrie in alle drei Raumrichtungen, falls dies für größere zu testende Proben in späteren Projektphasen erforderlich ist.



Kleine Vakuumkammer für das Betonieren von Standardproben |
 Small vacuum chamber for concreting of standard test samples |
 Photo: Iurii Vakaliuk

space holders, the carbon textile reinforcement can be hold very precisely in the required position.

Furthermore, a big part of the project activity was devoted to the preparation of the procedure of concrete casting under vacuum conditions that is mentioned as Vacuum-Infused Textile Reinforced Concrete Moulding (VI-TRC-M) casting method. For this purpose, two vacuum chambers were assembled. The first smaller chamber aimed to perform a casting of sequence of standard samples at once. The samples will be later used either for tensile, compression or split tensile tests. Basic tests on the composite carbon reinforced concrete are also planned. The second, larger chamber was constructed for the purpose of casting of large scale TRC samples with maximum dimensions of up to 3.5 m in length, 1.1 m in width, and 0.4 m in height. The concrete casting formwork was designed with two important features for the project. On the one hand it can be used under normal non-vacuum and under vacuum conditions. On the other hand, connecting elements offer the possibility of extending the geometry in all three spatial directions if this is required for larger samples to be tested in later project phases.

► **Titel | Title**

TP C01: Auflösung kompakter Bauteile mittels sich durchdringender, lastabtragender schalenförmiger Strukturen
 SP C01: Use of pervading internal shell-type substructures to dissolve compact components

► **Förderer | Funding**

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) / SFB/TRR 280

► **Zeitraum | Period**

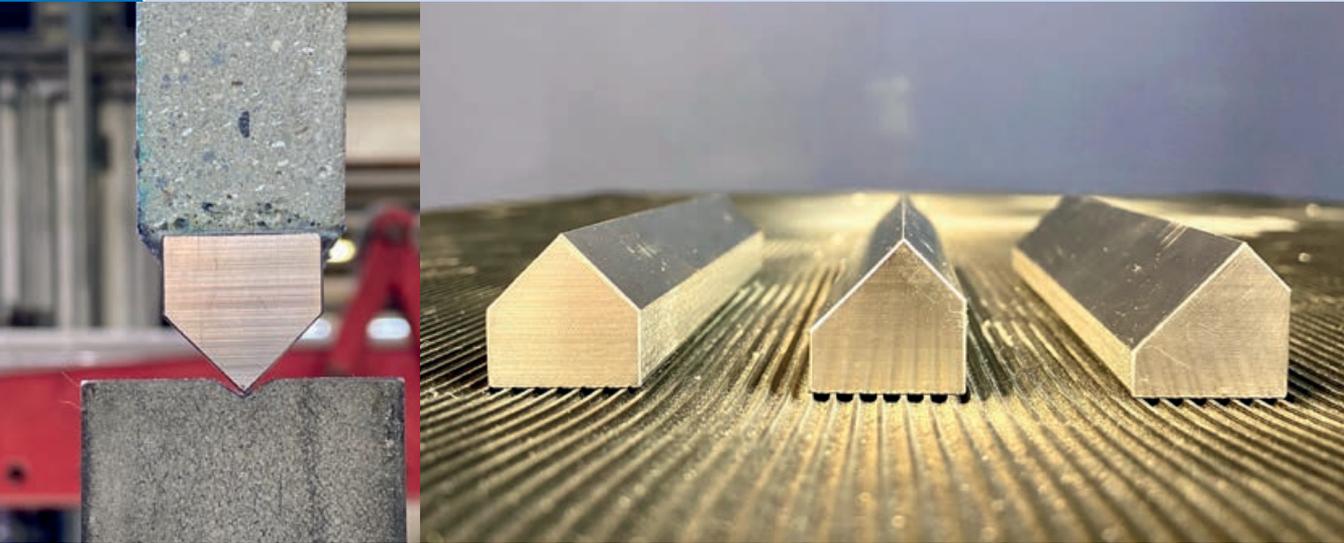
07/2020 – 06/2024

► **Teilprojektleiter:in | Subproject managers**

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach
 Dr.-Ing. Silke Scheerer

► **Team | Team**

Iurii Vakaliuk, M.Sc.
 Rainer Belger (Schalungsbau)
 René Wallschläger (Versuchsplanung)



Realisierung einer gelenkigen Lagerung mit zentrischer oder exzentrischer Lasteinleitung | Construction for an articulated bearing with centric and eccentric load application | Photos: Josiane Giese

KNICKVERSUCHE AN CARBONBETON

BUCKLING TESTS ON CARBON REINFORCED CONCRETE

Mit dem hochleistungsfähigen Verbundwerkstoff Carbonbeton ist es möglich, filigrane und damit materialsparende Tragwerke zu konstruieren. Durch die größeren Schlankheiten steigt jedoch auch die Notwendigkeit der Analyse des Stabilitätsverhaltens, welches im herkömmlichen Stahlbetonbau in der Regel eine eher untergeordnete Bedeutung hat. Hierbei ist insbesondere auch eine erhöhte Empfindlichkeit dieser Strukturen gegenüber strukturellen und geometrischen Imperfektionen zu berücksichtigen.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden Knickversuche an schlanken, gelenkig gelagerten Probekörpern mit rechteckigem Querschnitt durchgeführt, wobei das Verformungsverhalten unter einaxialer Druckbeanspruchung photogrammetrisch beobachtet wurde. Ziel der Versuche war es, erste Erkenntnisse über die Auswirkungen von gezielt aufgebrauchten initialen Imperfektionen auf die Stabilität der Carbonbetonproben zu gewinnen. Der Fokus der Untersuchungen lag auf der Variation herstellungsbedingter Imperfektionen wie der Lage des Textils sowie der Kornverteilung des Betons im Querschnitt, aber auch auf Imperfektionen bei der Lasteinleitung.

With the high-performance composite material carbon reinforced concrete, it is possible to construct load-bearing structures that are slender and thus material-saving. However, as the slenderness increases, so does the need to analyze the stability behavior, which is generally of secondary importance in conventional reinforced concrete construction. In that regard, it must be taken into account that these structures have a higher sensitivity to structural and geometric imperfections.

Within the scope of the research project, buckling tests were carried out on slender, articulated specimens with a rectangular cross-section, whereby the deformation behavior under uniaxial compressive loading was observed with a photogrammetry system. The aim of the tests was to gain first insights into the effects of purposefully applied initial imperfections on the stability of the carbon concrete specimens. The focus of the investigations was on the variation of manufacturing-related imperfections such as the position of the textile as well as the grain distribution of the concrete in the cross-section, but also imperfections in the load application.

The first challenge for a successful execution of the tests was to develop a suitable system for the

Die erste Herausforderung für eine erfolgreiche Versuchsdurchführung bestand darin, ein geeignetes System zur Lasteinleitung zu entwickeln, das es erlaubt, neben einer mittigen auch eine planmäßig exzentrische Belastung aufzubringen. Hierfür wurden drei verschiedene Konfigurationen kleiner, spitz zulaufender Stahlprofile angefertigt, die an den beiden Aufstandsflächen der Proben befestigt werden. Die Spitzen werden anschließend in die Kerbe eines oben bzw. unten in die Prüfmaschine eingespannten Stahlblocks eingesetzt.

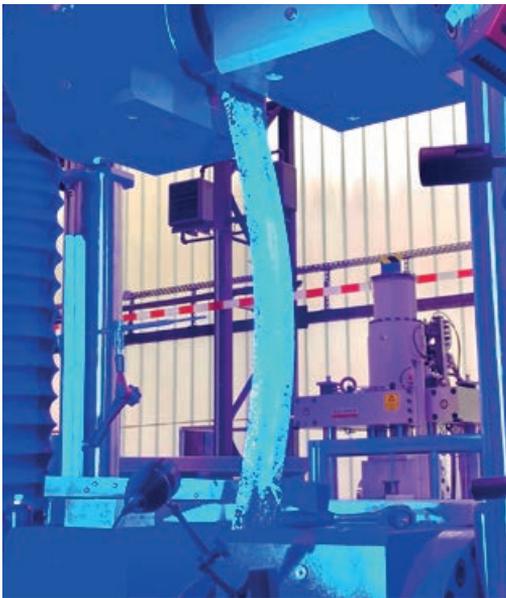
Neben einer Analyse des Versagensvorgangs wurden die Ergebnisse der Knickversuche mit der idealen Knicklast nach Euler und mit der Spannungsgleichung nach Theorie II. Ordnung verglichen, wobei sich gute Übereinstimmungen zeigten. Die bisher geprüften Probekörper wiesen eine einheitliche Schlankheit von $\lambda \approx 125$ auf. In weiteren Versuchen ist die Untersuchung der genannten und weiterer Imperfektionseinflüsse auf Proben mit geringeren Schlankheiten vorgesehen.

Die Bearbeitung des Teilprojekts erfolgt in Kooperation mit dem Institut für Massivbau der RWTH Aachen University, wo der Fokus auf der Erforschung der Quasiduktilität liegt.

load application that allows to apply a centric as well as planned eccentric load. For this purpose, small, tapered steel sections were fabricated in three different configurations. They need to be attached to the two contact surfaces of the specimens. The tips are then inserted into the notch of a steel block clamped at the top and bottom in the testing machine.

In addition to the analysis of the failure process, the results of the buckling tests were compared to the ideal buckling load according to Euler and to the stress equation according to second-order theory which showed good agreement with the experimental results. The specimens tested so far had a uniform slenderness of $\lambda \approx 125$. Further experiments are planned to investigate the already mentioned as well as other imperfection influences on specimens with lower slendernesses.

The subproject C04 is executed in cooperation with the Institute of Concrete Structures of RWTH Aachen University, where the focus is on the detailed study of quasiductility.



Probekörper nach dem Ausknicken | *Specimen after buckling failure* | Photo: Josiane Giese

► **Titel | Title**

TP C04: Stabilität und Quasiduktilität von dünnwandigen Carbonbetonbauteilen

SP C04: Stability and quasi-ductility of thin-walled carbon reinforced concrete structural members

► **Förderer | Funding**

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) / SFB/TRR 280

► **Zeitraum | Period**

07/2020 – 06/2024

► **Teilprojektleiter | Subproject manager**

Dr.-Ing. Frank Schladitz

► **Team | Team**

Dipl.-Ing. Josiane Giese
Jens Hohensee, Mario Polke-Schminke, Martin Findeisen,
Michael Liebe (Probenherstellung, Messtechnik, Versuchsdurchführung)

► **Projektpartner | Project partner**

Institut für Massivbau, RWTH Aachen University



Ausdehnungstests an Betonproben | Expansion test on concrete samples | Photo: Mohammed K. Dahir

AUSDEHNUNGSTESTS AN BETONPROBEN

EXPANSION TESTS ON CONCRETE SAMPLES

Unter Vorspannung von Beton versteht man das Einbringen von Druckspannungen in Betonbauteile vor deren Verwendung. Mit Hilfe der Vorspannung erhalten Betonelemente erheblich höhere Steifigkeiten und ihr Spannungszustand wird günstig beeinflusst. Auf diese Weise werden der Risswiderstand erhöht und Verformungen verringert. Bei Stahlbeton ist das Vorspannen gut etabliert, bei Bauteilen mit Carbonbewehrung hingegen ist das Vorspannen äußerst komplex, vor allem wegen der Querdruckempfindlichkeit der Fasermaterialien selbst. Darüber hinaus ist es bei textiler Bewehrung problematisch, die große Anzahl von Carbonrovings in einem Gelege gleichzeitig und gleichmäßig vorzuspannen.

Eine der vielversprechendsten Alternativen zum hydraulischen Vorspannen ist das chemische Vorspannen. Ziel des Projekts ist es daher, die chemische Vorspanntechnik zum Vorspannen von carbonbewehrtem Beton einzusetzen. Die Technologie basiert auf der Zugabe von Quellmitteln zum Beton. Wenn sich während des Erhärtens das Volumen des Betons vergrößert, werden Zugspannungen auf

Prestressing of concrete structures is the process of introducing compressive stresses into the concrete members before using them. With the help of prestressing, concrete elements can be considerably stiffened and their stress state can be favorably influenced. Structures can thus achieve better crack resistance and less deformation. Prestressing is well established for steel reinforced concrete, but for structures with carbon and especially textile reinforcement, the prestressing process is extremely complex, mainly because of the transverse pressure sensitivity of the fiber materials. Furthermore, it is not feasible to provide a large number of hydraulic jacks to prestress the large number of carbon fiber rovings.

One of the most promising alternatives for hydraulic prestressing is chemical prestressing. Hence, the aim of this project is to use the chemical prestressing technology to prestress carbon reinforced concrete. The technology is based on the addition of swelling admixtures in the concrete. When the volume of the concrete increases, it exerts tensile stresses on the carbon fiber reinforcement, which in return, apply compressive

die Carbonbewehrung ausgeübt, die ihrerseits Druckspannungen im Beton erzeugen. Auf diese Weise erfolgt das Vorspannen ohne mechanische Vorrichtungen oder zusätzliche Arbeitsgänge.

Einer der wichtigsten Arbeitsschwerpunkte im Projekt ist die Entwicklung einer geeigneten Betonmischung, die eine angemessene Ausdehnung unter Beibehaltung guter Betoneigenschaften ermöglicht. Daher wurde eine Reihe von Betonmischungen hergestellt. Alle Mischungen enthielten die gleichen Bestandteile mit Ausnahme des Quellmittels, welches auf das Gewicht bezogen zwischen 10 bis 20 % des Zements substituierte. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass Quellmittelzugaben von mehr als 17 % eine sehr hohe Ausdehnung bewirken, gleichzeitig aber die Druckfestigkeit des Betons deutlich verringern. Andererseits führen Expansionsmittelzusätze von weniger als 11 % zu einer zu geringen Ausdehnung. Eine Zugabe von 12–15 % war am besten geeignet, um eine gute Ausdehnung zu erzielen und gleichzeitig eine angemessene Druckfestigkeit zu erhalten. Diese Quellmittelmenge wird in der nächsten Phase des Projekts verwendet, in der die erzielbaren Vorspanngrade carbonbewehrter Prüfkörper untersucht werden.

stresses in the concrete. Thus, prestressing takes place without mechanical devices or additional operations.

One of the most important phases in this project is to develop a suitable concrete mixture that gives reasonable amount of expansion with maintaining good concrete characteristics. Therefore, a number of concrete mixtures were manufactured. All mixtures had the same components except for the swelling agent, which substituted between 10 and 20 % of the cement by weight. The results have shown that expansive agent additions of more than 17 % lead to very high expansion; however, the compressive strength is decreased significantly. On the other hand, expansive agent additions of below 11 % leads to small expansion. The most appropriate additions were found to be between 12–15 %, which produced good expansion, while maintaining a reasonable compressive strength. This percentage will be used in the next phase of the project, which includes reinforcing the concrete with textile carbon reinforcement to study the prestressing force.



Druckversuch an Feinbeton | *Compression test on fine grained concrete* | Photo: Mohammed K. Dahir

► **Titel | Title**

TP C06: Chemische Vorspannung gefalteter und schalenförmiger Carbonbetonstrukturen

SP C06: Chemical prestressing of folded and shell-type carbon reinforced concrete structures

► **Förderer | Funding**

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) / SFB/TRR 280

► **Zeitraum | Period**

07/2021 – 06/2024

► **Teilprojektleiter | Subproject manager**

Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx

► **Bearbeiter | Contributor**

Mohammed K. Dahir, M.Sc.



Beton KUNST Projekt an der JugendKunstschule Dresden in den Sommerferien 2022 | Concrete ART Project at the Dresden Youth Art School in the summer holidays 2022 | Photo: Stefan Gröschel

FORSCHUNG IST SPANNEND!

RESEARCH IS EXCITING!

Das übergeordnete Ziel des Teilprojekts Öffentlichkeitsarbeit (kurz: TP Ö) ist es, die innovative Forschung des SFB/Transregio 280 für eine breite interessierte Öffentlichkeit sichtbar und erlebbar zu machen, denn sie berührt aktuelle Fragestellungen des Bauwesens, die nahezu jeden betreffen. Bauen geht alle an, sei es bei der Schaffung von sozial verträglichem Wohnraum oder baulicher Anlagen für Versorgung und Mobilität, oder wenn es um die globalen Konsequenzen für Umwelt und Klima geht. Die Chancen und Potenziale des nachhaltigen Bauens mit Carbonbeton in allen seinen Facetten allgemein verständlich aufzubereiten, trifft daher einen Nerv im derzeitigen gesellschaftlichen Diskurs.

Der Fokus der Öffentlichkeitsarbeit liegt folglich darauf, das Anliegen und die Forschungsergebnisse des SFB/TRR zielgruppengerecht aufzubereiten und über verschiedene Medien und mit unterschiedlichen Maßnahmen in die Öffentlichkeit zu transportieren. Vision, Assoziation, Kommunikation sind hierbei die drei Grundbausteine des Konzepts. Erkennen und Reflektieren sollen zum aktiven Partizipie-

The overarching goal of the public relations subproject is to make the innovative research of the CRC/Transregio 280 visible and tangible for a broad interested public. The CRC's research questions touch on current issues in construction that affect almost every area of life. Building concerns everyone. Think of the necessity of providing socially acceptable living space or of building facilities for supply and mobility, or of the global consequences of construction for the environment and climate. It therefore hits a nerve in the current social discourse when the opportunities and potentials of sustainable construction with carbon reinforced concrete are presented in all its facets in a generally understandable way.

The focus of public relations work is therefore on preparing the objectives and research results of the CRC/TRR in a way that is appropriate for the target group and transporting them to the public via various media and by various ways. Vision, association and communication are the three basic elements of the conceptual work. Recognizing and reflecting should encourage active participation, because the sustainable building of tomorrow cannot be realized in research

ren anregen, denn das nachhaltige Bauen von morgen kann nicht allein in der Forschung verwirklicht werden. Für die praktische Umsetzung benötigt es die Akzeptanz und Mitarbeit der Gesellschaft.

Im Jahr 2022 wurde die zweisprachige Webseite umfangreich erweitert. Zudem wurde die Präsenz auf einschlägigen Social-Media-Plattformen wie Facebook und Instagram verstärkt. Regelmäßig wird dort in kurzen Tweets, Bildern und Videos über besondere SFB-Aktionen berichtet. Die Filmarbeiten an den beiden Standorten Dresden und Aachen konnten ebenfalls deutlich vorangebracht werden. Die Kurzfilme über die Teilprojekte, die auf der Homepage des SFB abrufbar sind, sollen einen niederschweligen Einstieg in die Forschungsthemen ermöglichen.

Das Highlight war das Beton KUNST Projekt in den Sommerferien. Partner waren die Jugend-Kunstschule Dresden und die Bleiberger Fabrik in Aachen. Für jeweils eine Woche konnten Schülerinnen und Schüler im Alter zwischen 8 und 14 Jahren die vielen verschiedenen Facetten von (Carbon-)Beton kennenlernen und selbst Objekte aus dem Material erschaffen. Das Programm wurde von Doktorand:innen der beteiligten Institute mit kurzen und anschaulichen Vorträgen rund um den Baustoff komplettiert.



Drehtermin beim Teilprojekt B03 | *Shooting session with subproject B03* | Photo: Silke Scheerer

alone. For practical implementation, it needs the acceptance and cooperation of society.

In 2022, the bilingual website was extensively expanded. In addition, the presence on relevant social media platforms such as Facebook and Instagram was intensified. Short tweets, pictures and videos regularly report on special CRC activities there. The shooting at the two sites Dresden and Aachen also made significant progress. The short video clips about every subproject, which are available on the CRC homepage, are intended to provide a low-threshold access to the research topics.

The highlight was the Concrete ART Project during the summer holidays. Our partners were the Dresden Youth Art School and the Bleiberger Fabrik in Aachen. For one week each, pupils aged between 8 and 14 were encouraged to learn about the many different facets of (carbon reinforced) concrete and create their own objects from the material. The program was complemented by doctoral students from the participating institutes with short and informative lectures about the building material.

- ▶ **Titel | Title**
 TP Ö: Vision, Assoziation, Kommunikation für nachhaltige Bauweisen der Zukunft
 SP Ö: Vision, association, communication for sustainable building methods of the future
- ▶ **Förderer | Funding**
 Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) / SFB/TRR 280
- ▶ **Zeitraum | Period**
 07/2021 – 06/2024
- ▶ **Teilprojektleiterin | Subproject manager**
 Dr.-Ing. Silke Scheerer
- ▶ **Bearbeiter | Contributor**
 Stefan Gröschel
- ▶ **Projektpartner | Project partner**
 Institut für Massivbau, RWTH Aachen University



DAS C³-PROJEKT

THE C³ PROJECT





C³ Carbon
Concrete
Composite

AKTUELLES ZUM C³-PROJEKT

UPDATE ON THE C³ PROJECT

Carbonbetonfestival: eine rauschende Retrospektive

Einmal im Jahr treffen sich zahlreiche renommierte Fachleute der Bauwirtschaft und Bauforschung in Dresden, um allen Teilnehmenden der Carbon- und Textilbetontage einen Einblick in die neusten Erkenntnisse aus Forschung und Praxis zu geben. 2022 lud der Verband C³ – Carbon Concrete Composite e. V. gemeinsam mit dem Deutschen Ausschuss für Stahlbeton e. V. (DAfStb), dem Institut für Massivbau und dem Institut für Baustoffe der TU Dresden zu einem wahrhaften Carbonbetonfestival ein. Getagt, genetworkt, festlich eröffnet und standesgemäß gefeiert wurde vom 26. bis 29.09.2022 an gleich mehreren Orten – in Dresden im Pullman Hotel, im Baustofflabor der TU, im CUBE auf der Einsteinstraße und in Leipzig im Carbonbetontechnikum.

Eröffnet wurde die Veranstaltung am 26. September 2022 um 11:00 Uhr mit dem Vortragsprogramm des 61. Forschungskolloquiums des DAfStb. In 30 Vorträgen an zwei Tagen stellten die Referent:innen den Stand der Forschung innerhalb ihrer Projekte vor. Dabei gaben sie Einblicke in die Bereiche Impact, Ingenieurbau, Ermüdung und Dauerhaftigkeit, Frischbeton und

Carbon reinforced concrete festival: a magnificent retrospective

Once a year, numerous renowned experts from the construction industry and construction research meet in Dresden to give all participants of the Carbon and Textile Reinforced Concrete Days an insight into the latest findings from research and practice. In 2022, the association C³ – Carbon Concrete Composite e. V. together with the German Committee for Steel Reinforced Concrete e. V. (Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, DAfStb), the Institute of Concrete Structures and the Institute of Construction Materials of the TU Dresden invited to a veritable carbon reinforced concrete festival. Meetings, workshops, festive openings and celebrations were held at several locations from 26 to 29 September 2022 – at the Pullman Hotel Dresden, at the TU Dresden's Building Materials Laboratory, at the CUBE on Einsteinstraße Dresden and at the Carbon Reinforced Concrete Technical Centre in Leipzig.

The event opened on 26 September 2022 at 11:00 a.m. with the lecture programme of the 61st Research Colloquium of the DAfStb. In 30 lectures, the speakers presented their state of research within their projects until 27 September 2022. They provided insights into the areas of



Vorträge im Rahmen des 61. Forschungskolloquiums des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb) | Presentations at the 61st DAfStb Research Colloquium | Photo: Stefan Gröschel

Rheologie, Additive Fertigung und Sensorik sowie auch in das Thema Carbonbeton. Welche Entscheidungen mitunter in der Forschung zu treffen sind, wie verschiedene Prozesse optimiert und bestimmte Versuchsergebnisse eingeordnet werden können, zeigte sich in einzelnen Fachvorträgen der Tagung. Zeitgleich dazu gingen die letzten Vorbereitungen für die erste Abendveranstaltung im Baustofflabor der TU Dresden zu Ende. 19:00 Uhr begrüßte hier das Team um Prof. Dr.-Ing. Viktor Mechtcherine, unter Leitung von Steffen Müller, alle Teilnehmenden mit der Vorführung von 3D-Druckverfahren und begeisterte mit einem gemütlichen Grillabend.

Während am Morgen des 27. Septembers die Vorträge des Forschungskolloquiums weitergingen, eröffnete gleichzeitig die Ausstellung der Carbon- und Textilbetontage. Aussteller wie die Holcim Deutschland GmbH, solidian GmbH, Schöck Bauteile GmbH, Wilhelm Kneitz Solutions in Textile GmbH oder CARBOCON GmbH präsentierten an ihren Ständen ihr gesamtes Leistungsspektrum. Nach dem Wechsel vom Forschungskolloquium zu den C³-Vorträgen der Carbon- und Textilbetontage gewannen die Teilnehmenden einen tiefen Einblick in die Praxis zur Carbonbetonbauweise. In Vorträgen zum Industriestandard Carbonbeton und zu Zulassungsversuchen wurden die formalen Fakten bei der Standardisierung von Carbonbetonprodukten sowie die Vorgehensweise bei Zulassungen mit der Carbonbetonbauweise aufgezeigt. Mit einer stimmungsvollen Dampfschiffahrt klang der 2. Veranstaltungstag aus.

Einweihung des weltweit ersten Gebäudes aus Carbonbeton CUBE

Am 28. September ging es parallel zu den C³-Vorträgen mit der feierlichen Eröffnung des weltweit ersten Hauses aus Carbonbeton, dem CUBE, fulminant im Veranstaltungsprogramm weiter. Halb zehn trafen die ersten Gäste auf der Einsteinstraße 12 in Dresden ein, darunter der Sächsische Regionalminister Thomas Schmidt, der Staatssekretär im Sächsischen Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr Thomas Kralinski, Hans-Peter Hiepe vom Bundesministerium für Bildung und Forschung, die Rektorin der TU Dresden Prof. Dr.



Einblicke in die Bereiche Impact, Ingenieurbau, Ermüdung und Dauerhaftigkeit, Frischbeton und Rheologie, additive Fertigung und Sensorik | *Insights into impact, structural engineering, fatigue and durability, fresh concrete and rheology, additive manufacturing and sensor technology* | Photo: Stefan Gröschel

impact, structural engineering, fatigue and durability, fresh concrete and rheology, additive manufacturing and sensor technology, as well as into the topic of carbon reinforced concrete. The decisions that sometimes have to be made in research, how various processes can be optimised and how certain test results are to be classified were shown in individual expert presentations at the conference. At the same time, the final preparations for the first evening event in the Building Materials Laboratory of the TU Dresden were coming to an end. At 7 p.m., the team around Prof. Dr.-Ing. Viktor Mechtcherine, led by Steffen Müller, welcomed all participants with a demonstration of 3D printing processes and inspired them with a cosy barbecue evening.

While the lectures of the DAfStb research colloquium continued on the morning of 27 September, the exhibition of the Carbon and Textile Reinforced Concrete Days opened. Exhibitors such as Holcim Deutschland GmbH, solidian GmbH, Schöck Bauteile GmbH, Wilhelm Kneitz Solutions in Textile GmbH, and CARBOCON GmbH presented their entire range of services at their stands. With the change from the research colloquium to the C³ lectures of the Carbon and Textile Reinforced Concrete Days, the participants gained a deep insight into the practice of carbon reinforced concrete construction on 27 September from 15:00. In lectures on the industry standard carbon reinforced concrete and approval tests for carbon reinforced concrete, the formal facts of the standardisation of carbon reinforced concrete products as well as the procedure for approvals with this construction method were



Der Bauherr des CUBE, Prof. Manfred Curbach, gibt ein Interview für die Tagesschau | The building owner of the CUBE, Prof. Manfred Curbach, gives an interview for the Tagesschau | Photo: Stefan Gröschel

shown. The 2nd day of the event ended with an atmospheric steamboat trip.

Inauguration of the world's first building made of carbon reinforced concrete CUBE

On 28 September, parallel to the C³ lectures, the event programme continued brilliantly with the ceremonial opening of the world's first house made of carbon reinforced concrete, the CUBE. The first guests arrived at Einsteinstraße 12 in Dresden at 9:30 a.m., including the Saxon Regional Minister Thomas Schmidt, the State Secretary at the Saxon State Ministry of Economic Affairs, Labour and Transport Thomas Kralinski, Hans-Peter Hiepe from the Federal Ministry of Education and Research, the Rector of TU Dresden Prof. Dr. Ursula M. Staudinger, the Mayor of Education of the City of Dresden Jan Donhauser as well as many other guests from politics, business, science and society. With a ceremonial act that underlined the special nature of the CUBE and in the individual greetings referred to the entire process from the idea to the finished building, the guests once again became aware that they are part of this milestone and thus of a great building history. In the evening, the building was inaugurated together with participants of both colloquia with a festive evening event.

Ursula M. Staudinger, der Bildungsbürgermeister der Stadt Dresden Jan Donhauser sowie weitere Gäste aus Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft. Mit einem feierlichen Akt, der die Besonderheit des CUBE unterstrich und in den einzelnen Grußworten auf den gesamten Verlauf von der Idee bis zum fertigen Haus einging, wurde den Gästen einmal mehr bewusst, dass sie Teil dieses Meilensteins und damit einer großartigen Baugeschichte sind. Am Abend wurde das Gebäude zusammen mit den Teilnehmenden der Carbon- und Textilbetontage und des DAfStb-Forschungskolloquiums mit einem festlichen Abendevent eingeweiht.



Feierliche Einweihung des CUBE mit Thomas Kralinski, Thomas Schmidt, Ursula M. Staudinger, Manfred Curbach, Hans-Peter Hiepe und Jan Donhauser (v. l. n. r.) | Ceremonial inauguration of the CUBE with Thomas Kralinski, Thomas Schmidt, Ursula M. Staudinger, Manfred Curbach, Hans-Peter Hiepe and Jan Donhauser (from left to right) | Photo: Stefan Gröschel

Eröffnung des Carbonbetontechnikums in Leipzig

Gut gelaunt ging es am 29. September mit dem Bus von Dresden nach Leipzig, wo die Eröffnung des ersten Carbonbetontechnikums ebenso feierlich vollzogen wurde. In Ansprachen durch den Sächsischen Regionalminister Thomas Schmidt, den Rektor der HTWK Leipzig Prof. Dr. rer. pol. Mark Mietzner, den Leiter des Instituts für Betonbau und Bauherrn des Carbonbetontechnikums Prof. Dr.-Ing. Klaus Holschemacher sowie den Geschäftsführer des C³-Verbands, Dr.-Ing. Frank Schladitz, wurde auch hier deutlich, wie wichtig herausragende Forschung und der Mut zur Umsetzung neuer Ideen für die Region sind.

In einem Gesamtfazit lässt sich feststellen, dass die 14. Carbon- und Textilbetontage einmal mehr gezeigt haben, welchen enormen Stellenwert neues, nachhaltiges und innovatives Bauen besitzt. Die Bemühungen aller Beteiligten im Bereich des Carbon- und Textilbetons haben dazu beigetragen, dass diese Bauweise einen Innovationsschub vollzogen hat, zahlreiche Referenzprojekte entstanden sind und der Blick in die Bauzukunft damit sehr verheißungsvoll ist.

Wir danken allen Sponsor:innen, Referent:innen, Teilnehmenden, Fördermitgliedern und Partner:innen des C³-Verbandes und nicht zuletzt auch ganz besonders dem Organisationsteam, das jedes Jahr eine tolle Veranstaltung auf die Beine stellt.

Nach der Konferenz ist bekanntlich vor der Konferenz: Vom 19. bis 20. September 2023 finden die 15. Carbon- und Textilbetontage mit interessanten Themen, renommierten Referent:innen und zahlreichen Ausstellern im Deutschen Hygiene-Museum in Dresden statt.

C³ – Carbon Concrete Composite – aus der Forschung in die Praxis

Das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung seit 2014 geförderte Bauforschungsprojekt wurde mit der Einweihung des Carbonbetongebäudes CUBE Ende September 2022 erfolgreich abgeschlossen. Die Umsetzung der Carbonbetontechnologie wird in

Inauguration of the Carbon Reinforced Concrete Technical Center in Leipzig

In good spirits, the participants travelled by bus from Dresden to Leipzig on 29 September, where the inauguration of the first Carbon Reinforced Concrete Technical Center was equally festive. In speeches by the Saxon Regional Minister Thomas Schmidt, the Rector of the Leipzig University of Applied Sciences (HTWK Leipzig) Prof. Dr. rer. pol. Mark Mietzner, the Director of the Institute for Concrete Construction and builder of the Carbon Reinforced Concrete Technical Centre Prof. Dr.-Ing. Klaus Holschemacher as well as the Managing Director of the C³ association, Dr.-Ing. Frank Schladitz, it also became clear here how important outstanding research and the courage to implement new ideas are for the region.

In an overall conclusion, it can be said that the 14th Carbon and Textile Reinforced Concrete Days once again demonstrated the enormous importance of new, sustainable and innovative construction. The efforts of all those involved in the field of carbon and textile reinforced concrete construction have contributed to the fact that this construction method has undergone a surge of innovation, numerous reference projects have been created and the outlook into the future of construction is thus very promising.



Bei der Eröffnung des Carbonbetontechnikums in Leipzig begrüßt der Geschäftsführer des C³-Verbandes, Dr.-Ing. Frank Schladitz, die Gäste | At the opening of the Carbon Reinforced Concrete Technical Center in Leipzig, the managing director of the C³ association, Dr.-Ing. Frank Schladitz, welcomes the guests | Photo: Stefan Gröschel



Eröffnung des ersten Carbonbetontechnikums in Leipzig durch Mark Mietzner, Thomas Schmidt und Klaus Holschemacher (v. l. n. r.) | Opening of the first Carbon Reinforced Concrete Technical Center in Leipzig by Mark Mietzner, Thomas Schmidt and Klaus Holschemacher (from left to right) | Photo: Stefan Gröschel

dem neu ausgerichteten Verband unter der Marke C³ – Carbon Concrete Composite fortgeführt. Zum Verband zählten Ende 2022 über 120 Mitglieder aus der Wirtschaft und Forschung, Tendenz steigend. Der Verband agiert als Schnittstelle zwischen der Wissenschaft und Wirtschaft und hat sich vorgenommen, die teils noch vorhandenen Hürden, die einer flächendeckenden Nutzung von Carbonbeton im Weg stehen, fachlich und wissenschaftlich untermauert zu überwinden und die breite Anwendung somit zu ermöglichen. Die Informations- und Wissensvermittlung, der Technologietransfer sowie die internationale Ausweitung der Aktivitäten sind dabei Kernpunkte der Verbandsarbeit. Eine entscheidende Rolle spielt zudem klimabewusstes Bauen. Carbonbeton soll als Zukunftstechnologie der Bauindustrie wahrgenommen werden und den Wandel in der Baubranche, die zu den größten CO₂-Emittenten gehört, aktiv gestalten.

Im Rahmen des C³-Verbandes werden u. a. folgende Projekte bearbeitet:

WIR! recyceln Fasern

In dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekt „WIRreFa | WIR! recyceln Fasern“ wird die Region „Elbtal Sachsen“ als Abnehmer für faserverstärkte Werkstoffe für den Freistaat Sachsen und angrenzende Gebiete etabliert. Hierfür werden vorhandene Prozesse der zirkulären Wertschöpfungsketten komplettiert und neue Ent-

We would like to thank all sponsors, speakers, participants, supporting members and partners of the C³ association and, last but not least, especially the organising team, who puts on a great event every year.

As is well known, after a conference is before the next: from 19 to 20 September 2023, the 15th Carbon and Textile Reinforced Concrete Days with interesting topics, renowned speakers and numerous exhibitors will take place at the German Hygiene Museum in Dresden.

C³ – Carbon Concrete Composite – from research into practice

The construction research project funded by the Federal Ministry of Education and Research since 2014 was successfully completed with the inauguration of the carbon reinforced concrete building CUBE at the end of September 2022. The implementation of carbon reinforced concrete technology will be continued in the newly aligned association under the brand C³ – Carbon Concrete Composite. At the end of 2022, the association had more than 120 members from industry and research, and the trend is rising. The association acts as an interface between science and industry and has set itself the goal of overcoming the hurdles that still stand in the way of widespread use with technical and scientific support, thus enabling widespread use. Information and knowledge transfer, technology transfer and the international expansion of activities are the core points of the association's work. Climate-conscious construction also plays a decisive role. Carbon reinforced concrete should be perceived as a future technology of the construction industry and actively shape the change in the construction industry, which is one of the largest CO₂ emitters.

Within the framework of the C³ association, the following projects, among others, are being worked on:

WE! recycle fibers

In the project “WIRreFa | WIR! recyceln Fasern (in English: WE! recycle fibers)” funded by the Federal Ministry of Education and Research, the region “Elbe Valley Saxony” is being established as a customer for fiber reinforced materials for the

wicklungen angestoßen. In der Verantwortung des C³-Verbandes wurde im Jahr 2022 die erste Beiratssitzung durchgeführt, woraufhin letztlich zehn Einzel- und Verbundvorhaben auf den Weg gebracht werden konnten. Noch im selben Jahr starteten die Arbeiten zur Strategie, das Innovationsmanagement und ein Basisvorhaben zur Analyse der Recyclingfaser als vielfältiger Rohstoff.

C³Saxony

Der Freistaat Sachsen sieht die Carbonbetonbauweise als Innovationstreiber für die Entwicklung der Region. Sächsische Unternehmen können neue Geschäftsfelder auf- und ausbauen sowie Schlüsselpositionen im globalen Markt besetzen. Um die Unternehmen bei ihren Entwicklungen und bei der Positionierung zu unterstützen, finanziert der Freistaat Sachsen bis 2025 mit 2,15 Mio. Euro das Innovationscluster C³Saxony. Für eine optimale Vernetzung sowie den Wissensaustausch und Technologietransfer ist das Innovationscluster C³Saxony eng im C³-Verband eingebunden. Dem C³Saxony-Netzwerk gehören Partner aus Wissenschaft und Wirtschaft an, wobei fast die gesamte Carbonbeton-Wertschöpfungskette vom Rohstoff bis zum Recycling abgedeckt ist. Der Schwerpunkt liegt aktuell im Bereich der Planung und Ausführung von Carbonbetonprojekten – sowohl in der Sanierung von bestehenden Stahlbetonbauwerken als auch im Neubau. In den kommenden Jahren wird der Fokus in Sachsen auf der Schließung der Wertschöpfungskette und der Entwicklung von wichtigen Schlüsseltechnologien liegen, mit denen Sachsen seine Stellung als Leitanbieter ausbauen kann. 2022 fanden die erste Beiratssitzung statt sowie ein erstes Vernetzungstreffen der beteiligten sächsischen Partner.

Free State of Saxony and neighbouring areas. For this purpose, existing processes of the circular value chains are completed and new developments are initiated. The first advisory board meeting was held in 2022 under the responsibility of the C³ association, which ultimately led to the launch of ten individual and joint projects. In the same year, work began on the strategy, innovation management and a basic project to analyse recycled fibers as a versatile raw material.

C³Saxony

The Free State of Saxony sees carbon reinforced concrete construction as an innovation driver for the development of the region. Saxon companies can establish and expand new business fields and occupy key positions in the global market. In order to support the companies in their developments and positioning, the Free State of Saxony is financing the innovation cluster C³Saxony with 2.15 million euros until 2025. For optimal networking as well as knowledge exchange and technology transfer, the C³Saxony innovation cluster is closely integrated into the C³ association. The C³Saxony network includes partners from science and industry, covering almost the entire carbon reinforced concrete value chain, from raw materials to recycling. The current focus is on the planning and execution of carbon reinforced concrete projects – both in the refurbishment of existing steel reinforced concrete structures and in new construction. In the coming years, the focus in Saxony will be on closing the value chain and developing important key technologies with which Saxony can expand its leading supplier position. In 2022, the first advisory board meeting took place as well as a first networking meeting of the Saxon partners involved.

► **Titel | Title**

C³ – Carbon Concrete Composite
C³ – Carbon Concrete Composite

► **Förderer | Funding**

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) / C³

► **Zeitraum | Period**

C³-Projekt: 09/2013 – 09/2022

► **Leiter | Project manager**

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach

► **Team | Team**

Dr.-Ing. Frank Schladitz
Chris Gärtner M.A.,
Anja Giesder
Sandra Kranich M.A.
Dr.-Ing. Stefan Minar
Dipl.-Ing. Amer Suliman
Dipl.-Wirtsch.-Ing. Matthias Tietze
Dipl.-Ing. Sandra Zagermann

► **Projektpartner | Project partners**

Über 120 Partner aus Wirtschaft und Wissenschaft



LEHRE

TEACHING



LEHRVERANSTALTUNGEN DES INSTITUTS FÜR MASSIVBAU

LECTURES AT THE INSTITUTE OF CONCRETE STRUCTURES



So könnte die Fuß- und Radwegbrücke am Ostragehege über die Elbe aussehen | This is what the foot and cycle path bridge at the Ostragehege over the Elbe could look like | Visualisation: Niklas Blume

Mit Beginn des Wintersemesters 2021/2022 trat Prof. Ulrich Häußler-Combe seinen wohlverdienten Ruhestand an. In einer Abschiedsvorlesung – coronabedingt erst im Juli 2022 – verband er noch einmal in der ihm eigenen Art sein Fachwissen mit hintergründigem Humor. Professor Marx und Professor Löhnert vom Institut für Mechanik und Flächentragwerke führen die von ihm entwickelten Module fort.

Der Start in das Studienjahr stand noch im Zeichen der Corona-Pandemie. Aufkleber wiesen zulässige Sitzplätze aus, Masken erschwerten das Atmen und geöffnete Fenster ließen uns frösteln. Trotzdem waren Studierende und Lehrende froh, alle Lehrveranstaltungen in Präsenz bestreiten zu können. Gemeinsam suchten wir die optimale Kombination aus klassischen Frontalvorlesungen, direkter Interaktion und angeregtem Selbststudium. Dabei wechselten sich im Hörsaal Tafelbilder, Filme

At the beginning of the winter semester 2021/2022, Prof. Ulrich Häußler-Combe entered his well-deserved retirement. In a farewell lecture – due to corona not earlier than July 2022 – he once again combined his expert knowledge with enigmatic humor in his characteristic manner. Professor Marx and Professor Löhnert from the Institute of Mechanics and Shell Structures will continue the modules he developed.

The start of the academic year was still dominated by the Corona pandemic. Stickers indicated permitted seating, masks made breathing difficult, and open windows made us shiver. Nevertheless, students and faculty were happy to be able to offer all courses in presence. Together, we sought the optimal combination of classical frontal lectures, direct interaction and stimulating self-study. In the lecture hall, blackboard images, films and presentations alternate with models and objects on the visualizer or digital surveys and quizzes.



Weiterhin gilt Abstand halten | Keep your distance still applies | Photo: Kerstin Speck

und Präsentationen mit Modellen und Exponaten auf dem Vizualizer oder digitale Umfragen und Quizrunden ab. Zahlreiche Lehrvideos und umfangreiches Hintergrundmaterial stehen jederzeit online zur Verfügung. Auf viel Begeisterung stieß auch das Prinzip des „Inversed Classroom“, bei dem mit den zur Verfügung gestellten Lehrvideos das Selbststudium effektiv vorweggenommen und die Zeit in den Vorlesungen und Seminaren für Diskussionen, Rückfragen und kreative Anwendungen des Wissens genutzt werden kann.

Feedback und Anregungen der Studierenden erhalten wir dabei nicht nur in den jeweiligen Lehrveranstaltungen. Mit dem „Austauschforum Lehre“ hat der Fachschaftratsrat eine Plattform ins Leben gerufen, auf der in lockerer Atmosphäre Studierende und Lehrende auf Augenhöhe ins Gespräch kommen können. Wir entfalten gemeinsam Ideen, teilen Anregungen und Wünsche und entwickeln in den regelmäßigen Treffen vor allem auch Verständnis für die jeweils andere Seite. Besonders engen Austausch pflegen wir außerdem zu den rund sieben studentischen Hilfskräften am Institut, die zumeist in die Forschungsarbeit eingebunden sind.

Im Sommer 2022 konnte die traditionelle mehrtägige Brückenbauexkursion wieder stattfinden. Ziel waren diesmal die Brücken Südfrankreichs. Eine Fahrradexkursion zu den Dresdener Elbbrücken eröffnete die Brückenbauvorlesung. Der Zeichenkurs des Moduls

Numerous educational videos and extensive background material are available online at any time. The principle of the „Inversed Classroom“ also met with a lot of enthusiasm. Thereby you can effectively self-study with the lecture videos provided and use the time in the lectures and seminars for discussions, queries and creative applications of the knowledge.

We receive feedback and suggestions from students not only in the respective courses. With the „Teaching Exchange Forum“, the Student Council has created a platform where students and teachers can talk on a par in a relaxed atmosphere. We develop ideas together and exchange suggestions and wishes. Above all, the understanding for the other side develops in the regular meetings. We also maintain a particularly close exchange with the student assistants at the institute, most of whom are involved in research work. We maintained particularly direct links with the approximately seventy student assistants at the institute, who are usually involved in research work.

In the summer of 2022, the traditional multi-day field trip to interesting bridge sites could take place again. This time, the destination was the bridges of southern France. A bicycle excursion to the bridges over the Elbe in Dresden opened the bridge construction lecture. This year, the drawing course of the module „Design of Concrete Structures“ took place in the foyer of the Hörsaalzentrum. In addition, students were able to compete in a student competition with their designs for a pedestrian and bicycle bridge over the river Elbe.

„Entwurf von Massivbauwerken“ fand dieses Jahr im Foyer des Hörsaalzentrums statt. Außerdem konnten sich die Studierenden mit ihren Entwürfen für eine Fuß- und Radwegbrücke über die Elbe in einem studentischen Wettbewerb messen. Im Modul „Verstärken von Massivbauwerken“ konnten die Studierenden die Eigenschaften von Bauteilen ermitteln, die Voraussetzung für die Weiternutzung oder Verstärkung von Stahlbetonbauteilen sind. Mit Rückprallhammer, Schallemissionssensoren und Bewehrungssuchgerät nahmen sie eine Stahlbetonplatte unter die Lupe, bestimmten Haftzugfestigkeit und Carbonatisierungstiefe, zogen Bohrkerne und prüften die Druckfestigkeit.

Insgesamt betreut unser Institut vorwiegend Lehrveranstaltungen der Diplom- und Diplomaufbaustudiengänge Bauingenieurwesen (BIW). Der Diplomstudiengang beruht auf einem dreistufigen Curriculum aus Grund-, Grundfach- und Vertiefungsstudium und wird nach zehn Semestern Regelstudienzeit mit dem Diplom abgeschlossen. Ein Bachelorabschluss ist nur im Rahmen des Fernstudiums möglich. Das Diplomaufbaustudium beginnt im siebenten Semester des grundständigen Studiengangs und ist somit vom Umfang her mit Masterstudiengängen anderer Universitäten vergleichbar.

In the module “Strengthening of Concrete Structures”, the students were able to determine the properties of structural components that are prerequisites for the continued use or strengthening of reinforced concrete structures. Using rebound hammers, acoustic emission sensors and reinforcement search equipment, they took a close look at a reinforced concrete slab, determined adhesive tensile strength and carbonation depth, took drill cores and tested compressive strength.

Our faculty mainly supervise lectures for a degree known in Germany as Diplom-Ingenieur. Also, graduate and postgraduate programs in civil engineering (BIW) are offered. The Diplom-Ingenieur program is based on a 3-stage curriculum consisting of a foundation, consolidation and advanced studies. After ten semesters, the standard period of study is completed, a diploma and degree are granted to the student. A bachelor’s degree is only offered within the framework of the distance learning programme.

The postgraduate program starts in the 7th semester and it is equivalent to the master’s programs of other universities. The study programme can be completed either by direct or distance learning. Both forms are also possible as full-time or part-time studies. Many theses are supervised jointly with a practice partner. Thus, the requirements of



Im Modul „Vertärken von Massivbauwerken“ bereiten Studierende die Ultraschallmessung vor | *In the module “Strengthening of Concrete Structures”, students prepare the ultrasonic measurement | Photo: Kathrin Dietz*

Das Studium kann sowohl im Direkt- als auch im Fernstudium absolviert werden. Beide Formen sind zudem als Vollzeit- oder Teilzeitstudium möglich. Viele Abschlussarbeiten werden gemeinsam mit einem Praxispartner betreut. Somit fließen die Anforderungen der Bauindustrie an Hochschulabsolvent:innen auch hier in die Lehrkonzeption ein. Unseren Studierenden können wir damit einen optimalen Start ins Berufsleben ermöglichen.

Darüber hinaus wird ein englischsprachiger Masterstudiengang „*Advanced Computational and Civil Engineering Structural Studies*“ (ACCESS) angeboten. In vier Semestern Regelstudienzeit erlangen im Schnitt 50 Studierende aus der ganzen Welt ihren Masterabschluss. Überdies werden Lehrveranstaltungen für den Bachelorstudiengang Hydrowissenschaften (BHYWI) sowie für den Diplomstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen (D-WW-ING) angeboten.

Unabhängig von den Lehrveranstaltungen konnten die Studierenden in einem Allplan-Kurs ihre Fähigkeiten im Zeichnen und Konstruieren erweitern.

Im Studentenprojekt „Baumhaus“ nahmen die ersten Entwürfe reale Gestalt an. Vor Ort in einer Wanderherberge in der Sächsischen Schweiz entstanden im Beisein der Bauherrin erste Modelle im Maßstab 1:25.

Unser Interesse gilt aber auch zukünftigen Studierenden. So haben wir die Leitung der AG Studierendenwerbung der Fakultät übernommen. Diese organisiert und koordiniert u. a. die Werbung an Schulen, die Darstellung



Max Herbers erklärt zusammen mit Checker Can vom KiKa das Bauwesen | *Max Herbers explains civil engineering together with Checker Can from KiKa* | Photo: Stefan Gröschel



Reges Interesse am Kurs von Allplan | *Lively interest in the Allplan course* | Photo: Max Herbers

the construction industry for university graduates are also incorporated into the teaching concept here, allowing for an optimal start of a student's career.

Furthermore, we offer a master's program for English-speaking students, called Advanced Computational and Civil Engineering Structural Studies (ACCESS). After a standard study period of 4 semesters, around 50 students from all over the world graduate with a master's degree. In addition, we offer lectures for the bachelor's program in hydrosience (BHYWI) as well as for the diploma program in industrial engineering (D-WW-ING).

Independently of the courses, the students were able to expand their drawing and construction skills in an Allplan course.

In the student project "Tree House", the first drafts took real shape. The first models on a scale of 1:25 were created on site at a hikers' hostel in Saxon Switzerland in the presence of the building owner.

However, we are also interested in future students. Thus, we have taken over the leadership of the student advertising group of the faculty. This organizes and coordinates, among other things, the advertising at schools, the presentation on the homepage and in the social media, the Unitag and the appearance of the faculty at the "Lange Nacht der Wissenschaft". Independently, the institute conducted a Girls Day at the Otto Mohr Laboratory (OML). Pupils from Martin-Andersen-Nexö Gymnasium investigated steel and carbon reinforced concrete in their science project week.

auf der Homepage und in den sozialen Medien, den Unitag und den Auftritt der Fakultät bei der Langen Nacht der Wissenschaft. Unabhängig davon führte das Institut einen Girls Day im OML durch. Schüler des Martin-Andersen-Nexö Gymnasiums untersuchten in ihrer wissenschaftlichen Projektwoche den Stahl- und den Carbonbeton.

Beim Beton KUNST Projekt mit der Jugend-Kunstschule Dresden überraschten uns die Schülerinnen und Schüler mit kreativen Exponaten. Nicht zuletzt brauchte Checker Can vom KiKa unsere Hilfe, um die Fragen nach dem Erfinder der Brücke oder den Bau der Pyramiden zu beantworten.

At the Beton KUNST Projekt (Concrete ART Project), organized together with the Jugend-Kunstschule Dresden, the school children surprised us with creative exhibits. Last but not least, Checker Can from the children's channel KiKa needed our help to answer questions about the inventor of the bridge or the construction of the pyramids.



Schüler:innen des Beton KUNST Projekts | Pupils at the Concrete ART Project | Photo: Stefan Gräschel



Nachfolgend geben wir einen kurzen Einblick in die Lehrveranstaltungen des Studienjahres 2021/2022.

Genauere Modulbeschreibungen können der Webseite unseres Institutes

<https://tu-dresden.de/bu/bauingenieurwesen/imb/> oder den entsprechenden, ebenfalls online verfügbaren Studienordnungen entnommen werden.

In the following pages, we will take a short look into the lectures that were offered during the academic year 2021/2022. More detailed descriptions of the modules can be found on the institute's website

<https://tu-dresden.de/bu/bauingenieurwesen/imb/> or in the respective study regulations, which are also available online.

LEHRANGEBOTE DES IMB | COURSES OFFEREND BY THE IMB

► Stahlbetonbau (BIW 2-05)

Dr.-Ing. Kerstin Speck, Jan-Hauke Bartels, M.Sc., Dipl.-Ing. Clara Schramm

- ▷ **4. Semester:** 2 SWS Vorlesung
- ▷ **5. Semester:** 1 SWS Vorlesung und 1 SWS Übung
- ▷ **6. Semester:** 2 SWS Vorlesung und 2 SWS Übung

Inhalte des Moduls sind die Entwurfs-, Konstruktions- und Bemessungsgrundlagen des Stahl- und Spannbetonbaus sowie die wesentlichen Modelle für den Nachweis typischer Stahl- und Spannbetonbauteile.

► Konstruktionslehre und Werkstoffmechanik im Massivbau (BIW 3-02)

Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, Dr.-Ing. Kerstin Speck, Dr.-Ing. Harald Michler, Dr.-Ing. Peter Schöps, Dipl.-Ing. Florian Fürll, Dipl.-Ing. Josiane Giese, Dipl.-Ing. Enrico Baumgärtel

- ▷ **5. Semester:** Mauerwerksbau, 1 SWS Vorlesung
- ▷ **6. Semester:** Stahlbetonkonstruktionslehre, 2 SWS Vorlesung und 1 SWS Übung

Inhalte des Moduls sind die Besonderheiten des Tragverhaltens und der Konstruktionsweisen des Stahlbetonbaus und wesentliche Grundlagen des Mauerwerksbaus sowie dessen spezielle Bemessungs- und Konstruktionsmethoden.



Visualisierung einer Brücke über den Zelleschen Weg aus dem Seminar „Entwurf von Massivbauwerken“ | *Visualisation of a bridge over the Zellescher Weg, designed in the seminar "Design of solid structures"* | *Graphic: Pascal Stief*

► **Entwurf von Massivbauwerken** (BIW 4-11)

Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, Johanna Monka-Birkner M.Sc., Raúl Beltrán, M.Sc., Daniel Gebauer, M.Sc., Dipl.-Ing. Berk Gündogdu, Max Herbers, M.Sc., Dr.-Ing. Harald Michler, Dr.-Ing. Silke Scheerer, Thomas Schubert, M.Sc., Dr.-Ing. Kerstin Speck, Dipl.-Ing. Ronghua Xu

- ▷ **7. Semester:** 2 SWS Vorlesung
- ▷ **8. Semester:** 1 SWS Vorlesung und 3 SWS Seminar

Inhalt des Moduls ist der Entwurf von Ingenieurbauwerken wie z. B. Brücken, Hochhäuser, Türme unter Berücksichtigung geeigneter Konstruktionsweisen und Bautechnologien sowie deren funktionaler und gestalterischer Wirkung.

► **Bauen im Bestand – Verstärken von Massivbauwerken** (BIW 4-12)

Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, Dr.-Ing. Torsten Hampel, Dipl.-Ing. Peter Betz, Dr.-Ing. Marcus Hering, Conrad Pelka, M.Sc.

- ▷ **7. Semester:** Verstärken von Massivbauwerken, 2 SWS Vorlesung
- ▷ **8. Semester:** Verstärken von Massivbauwerken, 1,5 SWS Übung
- ▷ **8. Semester:** Mess- und Versuchstechnik, 1 SWS Vorlesung und 0,5 SWS Übung

Inhalte des Moduls sind Analyse und Nachrechnung sowie Instandsetzung und Verstärkung von bestehenden Massivbauwerken sowie Grundlagen der Mess- und Versuchstechnik.



Im Modul „Verstärken von Massivbauwerken“ übernehmen die Studierenden die Planung der Sanierung des „Koloss von Prora“ | *In the module "Strengthening of Concrete Structures", the students take on the planning of the rehabilitation of the "Colossus of Prora"* | *Photo: Kerstin Speck*

► **Brückenbau** (BIW 4-16)

Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, Max Herbers, M.Sc., Dr.-Ing. Chongjie Kang

▷ **7. Semester:** Massivbrückenbau, 2 SWS Vorlesung

Inhalte des Moduls sind Entwurf, Konstruktion und Berechnung von Brücken in Stahl-, Massiv- und Verbundbauweise. Im Blickpunkt stehen sowohl Straßen- als auch Eisenbahn- und Gehwegbrücken.

► **Beton im Wasserbau und Stahlwasserbau** (BIW 4-52)

Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, Dipl.-Ing. Enrico Baumgärtel

▷ **8. Semester:** Spezialbauwerke des Wasserbaus, 1 SWS Vorlesung

Inhalte des Moduls sind die Betontechnik im Neuwasserbau und bei der Instandsetzung bestehender Bauwerke sowie Spezialbauwerke des Beton-, Stahlbeton- und Stahlwasserbaus.

► **Bauökologie – Bautechnik** (BIW 4-56)

Dr.-Ing. Kerstin Speck

▷ **7. Semester:** Nachhaltige Tragwerksplanung, 1 SWS Vorlesung

Inhalte des Moduls sind die Besonderheiten bei der nachhaltigen Bauwerksplanung hinsichtlich des Entwurfs, der Produktion, des Transportes und der Montage sowie der erforderlichen, ökologisch relevanten Nachweise samt Konstruktionsbeispielen.

► **Projektarbeit** (BIW 5-01)

▷ **9. Semester:** 10 Wochen Bearbeitung eines Projektes und 2 SWS Seminar

Mit der Projektarbeit soll die Fähigkeit zur Entwicklung, Durchsetzung und Präsentation von Konzepten zu fachspezifischen Themen und Fragestellungen nachgewiesen werden. Hierbei sollen die Studierenden zeigen, dass sie an einer größeren Aufgabe Ziele definieren sowie interdisziplinäre Lösungsansätze und Konzepte erarbeiten können. Das Ergebnis ist in schriftlicher Form abzugeben und mündlich in einem Kolloquium zu präsentieren.

► **Diplomarbeit** (BIW)

▷ **10. Semester:** 4 Monate Bearbeitung der Diplomarbeit und öffentliche Verteidigung

Die Diplomarbeit soll zeigen, dass die Studierenden in der Lage sind, innerhalb einer vorgegebenen Frist ein Problem aus ihrem Fachbereich selbständig mit wissenschaftlichen Methoden zu bearbeiten. Die Diplomarbeit ist der Abschluss des Studiums.

► **Design of Concrete Structures** (ACCESS, BIWE-01)

Dr.-Ing. Maria Patricia Garibaldi, Iurii Vakaliuk, M.Sc.

▷ **2nd semester:** 2 lecture hours and 1 exercise hour per week

The contents of the module include maintenance principles for bridges and buildings, e.g., inspection, testing, examination and condition assessment of existing reinforced concrete structures, load testing and monitoring of steel reinforced structures, calculation of the load-bearing capacity and reserve strength of existing buildings and bridges using special computation methods, strengthening methods for massive structures and their calculation (shotcrete, steel lamellae, CFRP lamellas, textile reinforced concrete, external prestressing).



Der Entwurf eines Kindergartens in Sierra Leone | Draft for a kindergarten in Sierra Leone | Graphic: Christian Miersch

► **Cable-stayed Bridges** (ACCESS, BIWE-11)

Dr.-Ing. Chongjie Kang

▷ **2nd semester:** 2 lecture hours and 1 exercise hour per week

The scope of the module includes the analysis of the loads acting on cable-stayed bridges as well as the dimensioning, dynamics, production and installation of load-bearing cables, the design of concrete and steel crossbeams, towers, and bridge girders. In such analysis, the nonlinear theory and the aerodynamic stability of the cables, stiffening beams is taking into account. The design and dimensioning of cable-stayed bridges according to Eurocode, and selected construction details for reinforced concrete, steel and steel composite structures are presented.

► **Practice-oriented Project Work** (ACCESS, BIWO-08)

▷ **3rd semester:** 16 weeks working on a project and a public defence

The goal of the project work is to demonstrate the students' ability to develop, implement and present subject-specific topics and questions based on specific tasks of civil engineering, materials science, and computer-oriented mechanics. Students should show that they can define goals on a larger task, as well as elaborate interdisciplinary approaches and concepts. The results shall be given and presented in written form.

► **Master's Thesis** (ACCESS)

▷ **4th semester:** 4 months working on a Master's Thesis and a public defence

The Master's Thesis is intended to show that the student is able to can work on a problem within his or her subject independently and according to scientific methods. Therefore, the Master's Thesis is the completion of the studies.



Entwurf einer Fuß- und Radwegbrücke über den Dortmunder Hafen | *Design of a foot and cycle path bridge over Dortmund harbour* |
 Visualisation: Johannes Heller

PROJEKTARBEITEN | PROJECT WORKS

Studienjahr 2021/2022 | *Academic year 2021/2022*

Im neunten Semester des Diplomstudiengangs bzw. im dritten Semester des Diplom-Aufbaustudiengangs Bauingenieurwesen wird von den Studierenden eine Projektarbeit angefertigt. Durch die Arbeit an einem Projekt zu aktuellen fachspezifischen Themen und Fragestellungen der gewählten Vertiefung soll die Fähigkeit zur methodischen wissenschaftlichen Arbeitsweise nachgewiesen werden. Hierbei sollen die Studierenden zeigen, dass sie an einer größeren Aufgabe Ziele definieren sowie interdisziplinäre Lösungsansätze und Konzepte erarbeiten können. Die während ihres Studiums erworbenen Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten sind möglichst selbständig, einzeln oder im Team auf eine konkrete Aufgabenstellung anzuwenden. Die Arbeitsschritte sind nachvollziehbar zu dokumentieren sowie die Ergebnisse im Rahmen eines Kolloquiums zu präsentieren und zur Diskussion zu stellen.

Mit der gleichen Zielstellung und einem ähnlichen Arbeitsumfang bearbeiten die Studentinnen und Studenten des englischsprachigen Masterstudiengangs *Advanced Computational and Civil Engineering Structural Studies (ACCESS)* im dritten Semester ein anwendungsbezogenes Wissenschaftsprojekt – kurz *Project Work*.

Ausgewählte Arbeiten werden im Folgenden kurz vorgestellt.

In the 3rd semester of the International MSc program ACCESS, students make a project work on a current and technical topic. In this manner, the students show their capability to work in a methodical and scientific way, and to define project goals that are feasible and within the scope of their task.

Interdisciplinary solutions and concepts are applied. The students should implement their knowledge and skills and be able to work in an independent manner.

At the end of the semester, the project work is presented at a colloquium, followed by an individual oral examination.

With the same goal and a similar scope of work, the students work on a so-called "Projektarbeit" (project work) in the 9th semester of the diploma study course or in the 3rd semester of the diploma postgraduate study course in civil engineering.

Selected works are briefly presented below.

Cedric Eisermann

Numerische Untersuchungen von Betonbauteilen unter Berücksichtigung des nicht-linearen Materialverhaltens (Projektarbeit)

Betreuende: Max Herbers, M.Sc.,
Dr.-Ing. Chongjie Kang, Dr.-Ing. Kerstin Speck,
Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx

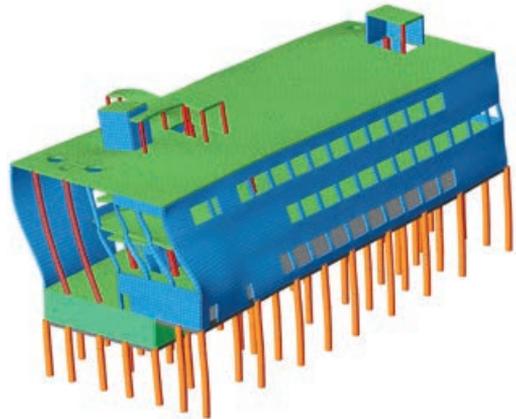
Beton besitzt ein komplexes Materialverhalten, das in Abhängigkeit vom Beanspruchungszustand, der Belastungshistorie und den äußeren Randbedingungen von duktil bis spröde reicht. Obwohl in der Vergangenheit zahlreiche numerische Ansätze zur Beschreibung des Betons entwickelt wurden, existiert bis heute kein allgemeingültiges Modell, das alle Facetten des Tragverhaltens abdeckt.

Ziel der Projektarbeit war es, konstitutive Materialmodelle unterschiedlicher FE-Programme zu vergleichen und durch die numerische Nachrechnung eines realen Bauteilversuches zu validieren. Hierfür wurden die FE-Programme SOFiSTiK mit den Modellierungsvarianten für Balken- und Schalenelemente sowie die Software ATENA mit den Materialmodellen SBETA und 3DNonLinearCementitious2 untersucht.

Zur Validierung der Materialmodelle wurde ein Stahlbetonbalken mit sekundärem Biegedruckversagen nachgerechnet. Durch den Vergleich der Last-Verformungs-Kurven und Traglasten konnte gezeigt werden, dass die Simulationen mit den verschiedenen Material-



Stahlbetonbalken mit sekundärem Biegedruckversagen | Foto: Daniel Gebauer



Erste Eigenform der 4. Variante einer Gebäudeaussteifung in 250-facher Vergrößerung | Grafik: Franz Grützmaier

modellen untereinander gleichwertige Ergebnisse liefern. Die Modelle sind demnach im gleichen Maße zur Abbildung des betrachteten Versagensfalles geeignet.

Franz Grützmaier

Variantenuntersuchung zur Gebäudeaussteifung eines mehrgeschossigen Institutsgebäudes unter Berücksichtigung von Erdbebeneinwirkung (Projektarbeit)

Betreuende: Dr.-Ing. Marcus Hering,
Dr.-Ing. Kerstin Speck, Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx

Betriebliche Betreuer: Péter Szathmáry, M.Sc.,
Dr.-Ing. Matthias Lugenheim (Mathes Beratende Ingenieure GmbH)

Jedes Bauwerk muss gegen horizontale Lasten aussteift werden. Diese können Wind, Imperfektion, Anprall oder im besonderen Fall auch Erdbeben sein. Im Rahmen der Projektarbeit wurde eine Variantenuntersuchung zur Gebäudeaussteifung eines Institutsgebäudes der RWTH Aachen durchgeführt. Auf dem Campusgelände soll ein mehrgeschossiges Laborgebäude errichtet werden, welches zu Lehr- und Forschungszwecken dienen soll.

Nach aktueller Normung liegt Aachen in einem deutschen Erdbebengebiet. Die Kräfte, die bei Erdbeben entstehen, übersteigen bei weitem die von Wind oder aus Imperfektion. Darum ist es erstrebenswert, ein sehr effek-

tives und tragfähiges Aussteifungssystem zu entwerfen. Für die Variantenuntersuchung werden die vorhandenen Wände nach einer minimalen, maximalen und raumeffizienten Anordnung gewählt. Zudem wird bei einer Variante ein weiches Untergeschoss mit nur wenigen Wänden verwendet.

In dieser Projektarbeit wurde der nicht bauaufsichtlich zugelassene Eurocode 8 zur Bemessung verwendet. Hierfür wurden die Erdbeben- und Untergrundkarten des Deutschen GeoForschungsZentrums Potsdam zugrunde gelegt, wie es auch beim zukünftigen Eurocode 8 der Fall sein wird.

Die Untersuchung u. a. auf Tragfähigkeit, Gebäudeverformung, Wirtschaftlichkeit und Schwindverhalten bildeten die Grundlage für den Vergleich der einzelnen Varianten und eine ingenieurgerechte Bewertung.

Arne Klimt

Versuchsplanung für niederfrequente, zeit-invariante Beschleunigungsmesser (Projektarbeit)

Betreuende: Jan-Hauke Bartels, M.Sc.,
Dr.-Ing. Kerstin Speck, Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx

Im Zuge der Erstellung eines digitalen Zwillings liefern Monitoringsysteme die erforderlichen Informationen, um eine lebenslange Verknüpfung realer Tragstrukturen mit



Versuchsaufbau zur Sensoruntersuchung | Foto: Jan-Hauke Bartels

einem virtuellen System zu gewährleisten. Im Bereich der Schwingungsmesstechnik haben sich Beschleunigungssensoren etabliert. Schwingungen an Bauwerken mit sehr niedrigen Eigenfrequenzen < 1 Hz werden zumeist mit gleichstromgekoppelten MEMS-Sensoren erfasst. Da diese jedoch unter einem hohen Rauschpegel leiden, kommen immer häufiger rauscharme IEPE-Sensoren zum Einsatz. Im Gegensatz zu MEMS-Sensoren besitzt diese Art von Sensoren aufgrund des Messprinzips einen wechselstromgekoppelten Ausgang. Dem linearen Übertragungsverhalten der MEMS-Sensoren steht das frequenzabhängige Übertragungsverhalten der IEPE-Sensoren bei tieffrequenten Schwingungen gegenüber. Der Sensor reagiert demnach mit einer Amplituden- und Phasenabweichung bei tieffrequenten Schwingungen.

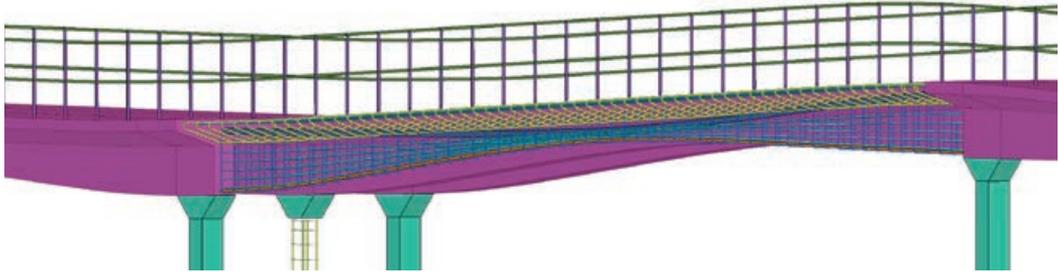
Die Projektarbeit thematisiert den Versuchsaufbau für die Kalibrierung der gesamten Messkette im niederfrequenten Bereich zur Ermittlung der Übertragungsfunktion und legt die dafür erforderlichen theoretischen Grundlagen im Bereich der Sensorelektronik, Elektrotechnik und Signalverarbeitung. Da das Standard-Kalibrierverfahren nach Norm in diesem Frequenzbereich eine technische Herausforderung darstellt, wird die Kalibrierung mit Hilfe einer geeigneten Niederfrequenz-Zentrifuge vorgestellt. Der Einsatz von analogen und digitalen Filtern insbesondere im Messsystem sind für die Datenauswertung unerlässlich.

Jonas Scharf

Entwicklung einer Arbeitsmethodik für eine integrale und effiziente Planung von Brückenbauwerken (Projektarbeit)

Betreuende: Max Herbers, M.Sc.,
Dr.-Ing. Chongjie Kang, Dr.-Ing. Kerstin Speck,
Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es, eine Methodik zur automatisierten, parametrisierten Modellerstellung zu entwickeln, die das *Building Information Model* (BI-Modell) und das Strukturmodell in einer integralen Planung verbindet. Das BI-Modell war dabei im Kontext eines digitalen Zwillings als Grundlage



Building Information Model in Tekla, Ausschnitt der untersuchten Demonstratorbrücke mit dargestellter Bewehrung | Grafik: Jonas Scharf

für ein *As-maintained*-Modell zu betrachten, um eine Transformation von einer korrektiven zu einer prädiktiven Instandhaltungsplanung zu unterstützen. Die Arbeitsmethodik sollte dabei sowohl für eine großflächige Digitalisierung von Bestandsbrücken als auch zur flexiblen Neubauplanung eingesetzt werden können, um eine hohe Qualität der BI-Modelle und somit der digitalen Zwillinge zu gewährleisten. Dabei ergab sich die Arbeitsmethodik unter Verwendung von Grasshopper, Sofistik und Tekla als vielversprechendste Option, da sie von allen betrachteten Methoden die umfangreichsten und flexibelsten Einsatzmöglichkeiten mitbringt.

Insgesamt lässt sich der Schluss ziehen, dass die entwickelte Arbeitsmethodik zur Erstellung eines BI-Modells im Konzept des digitalen Zwillinges geeignet ist und darüber hinaus die Anforderungen an eine automatisierte integrale Modellerstellung in der Planung von Brückenbauwerken erfüllt.

Jasmin Zschau

Entwurf des Ersatzneubaus der Meiningenbrücke (Projektarbeit)

Betreuende: Max Herbers, M.Sc.,
Dr.-Ing. Kerstin Speck, Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx

Betrieblicher Betreuer: Dipl.-Ing. Steffen Reinhardt (IGS Ingenieure Leipzig)

Die über 100 Jahre alte Meiningenbrücke hat im Laufe ihrer Nutzungsdauer erhebliche Schäden davongetragen, woraufhin sie für die öffentliche Nutzung gesperrt und durch eine temporäre Behelfskonstruktion ersetzt wurde. Das Ziel der Projektarbeit ist der Ent-

wurf des Ersatzneubaus, speziell der 13-feldrigen Vorlandbrücke. Im Zuge des Neubaus sind neben der Überführung der bestehenden Landstraße auch wieder eine eingleisige Eisenbahnstrecke sowie ein Rad- und Gehweg geplant. Im Vorfeld mussten jedoch zunächst die örtlichen Randbedingungen untersucht werden, da die geplante Trasse mehrere Naturschutzgebiete durchquert.

Für den Überbauquerschnitt wurden insgesamt drei Varianten entworfen, welche sich hinsichtlich Materialwahl, Tragwerk, Gestaltung und Bautechnologie unterscheiden. Die entworfenen Varianten umfassen einen mehrstegigen Plattenbalken aus Spannbetonfertigteilen, einen Stahlverbundquerschnitt mit geschlossenen Hohlkastenträgern sowie eine Trogbücke aus Stahl. Diese drei Entwurfsvarianten wurden hinsichtlich verschiedener Kriterien bewertet und verglichen. Dabei zeigten sich keine signifikanten Unterschiede im Ergebnis der einzelnen Varianten. Für die weitere Bearbeitung wurde daher der



Luftbild der bestehenden Meiningenbrücke | Foto: IGS Ingenieure GmbH & Co. KG

Verbundquerschnitt mit getrennten Überbauten gewählt, welcher weiter vertieft und optimiert wurde. Die technische Realisierbarkeit dieses Entwurfs wurde mit Hilfe einer Finite-Elemente-Software geprüft und anhand statischer Berechnungen dessen Machbarkeit nachgewiesen.

Geovanni Teran

Possibilities and limits of rebound hammer testing for the determination concrete compressive strength (Project Work)

Supervisors: Daniel Gebauer, M.Sc., Raúl Beltrán, M.Sc., Dr.-Ing. Patricia Garibaldi, Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx

During last decades, non-destructive testing provides an optimal alternative to estimate concrete strength by means of univariate correlations with destructive testing at core samples. However, the fitting performance can be very poor, unless a larger number of destructive tests of concrete core samples are performed. With the aim to improve fitting performance and evaluate the possibility of reducing the minimum number of destructive drill cores tests, this Project Work analyzes datasets of two nondestructive testing (NDT) methods (rebound hammer and ultrasonic pulse velocity) performed at core and cube samples by different German test centers in order to estimate their accuracy and precision according to RILEM

TC249-ISC and ISO 575 guidelines. Subsequently, regular univariate correlations using an individual NDT method and bivariate correlations using both NDT methods (SonReb Method) were developed and their fitting performances were compared.

Using the precision determined from NDT methods and the framework of RILEM TC249-ISC, it was evidenced that less core samples would have been required if bivariate correlations are considered for a middle-quality level of concrete strength estimation. Additionally according to the results, bivariate correlations with a predefined given number of destructive tests of core samples and a sufficient number of NDT-measurements, a high-quality level of concrete strength estimation can be guaranteed within $\pm 10\%$ prediction interval.



Non destructive strength assesment of concrete using a rebound hammer | Photo: Daniel Gebauer

Liste aller weiteren Projektarbeiten | List of all other Project Works

Studierende Students	Betreuende Supervisors	Prüfende Examiners	Titel der Arbeit Title of the work
Alazar, Faiz	Dipl.-Ing. Ronghua Xu, Dr.-Ing. Oliver Mosig	Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, Dr.-Ing. Kerstin Speck	Numerische Analyse der Dynamik von Drähten
Altindag, Feyyaz	Dr.-Ing. Michael Frenzel	Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach, Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx	Comparison of steel and carbon reinforced precast concrete elements
Atta, Muhammad Faisal	Dr.-Ing. Patricia Garibaldi	Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, Dr.-Ing. Patricia Garibaldi	Parametric study of prestressed concrete beams with CFCC strand
Barakat, Ahmad	Dipl.-Ing. Josiane Giese, Dr.-Ing. Frank Schladitz	Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, Dr.-Ing. Kerstin Speck	Einfluss struktureller und geometrischer Imperfektionen auf die Stabilität von Carbonbetonbauteilen

Liste aller weiteren Projektarbeiten | *List of all other Project Works*

Studierende <i>Students</i>	Betreuende <i>Supervisors</i>	Prüfende <i>Examiners</i>	Titel der Arbeit <i>Title of the work</i>
Fan, Borong	Dr.-Ing. Silke Scheerer Dipl.-Ing. Philipp Riegelmann, Dr.-Ing. Alexander Schumann (CARBOCON GmbH)	Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, Dr.-Ing. Silke Scheerer	Entwurf einer Überdachung aus Carbonbeton
Haubold, Michelle	Dipl.-Ing. Peter Betz Dr.-Ing. Alexander Schumann, Dipl.-Ing. Elisabeth Schütze (CARBOCON GmbH)	Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, Dr.-Ing. Kerstin Speck	Bemessung und Vergleich von Carbonbetonverstärkungen mit Ersatzneubauten anhand ausge- wählter Beispiele
Heber, Paul	Dr.-Ing. Harald Michler Dr.-Ing. Andreas Reichelt (BPR Dr. Schäpertöns Consult GmbH & Co. KG)	Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, Dr.-Ing. Harald Michler	Vergleich der Materialeffizienz zwischen einer Fahrbahnplatte in Carbonbeton- und Stahlbeton- bauweise
Heller, Johannes	Max Herbers, M.Sc., Dr.-Ing. Kerstin Speck	Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, Dr.-Ing. Kerstin Speck	Entwurf einer Radfahrer- und Fußwegeverbindung über das Hafenbecken Dortmund
Kapsner, Lea	Dr.-Ing. Kerstin Speck	Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, Dr.-Ing. Kerstin Speck	Entwurf eines Spannbetontträgers für die Untersuchung verschiede- ner Versagensmechanismen
<i>Kata, Juljan</i>	<i>Thomas Schubert, M.Sc., Dipl.-Ing. (FH) Franz Bracklow, Dr.-Ing. Marcus Hering</i>	<i>Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach</i>	<i>Simulation of reinforced concrete plates with impact loading by variation of surface material and projectile</i>
<i>Khedkar, Abhinav Anil</i>	<i>Dennis Birkner, M.Sc.</i>	<i>Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, Dr.-Ing. Patricia Garibaldi</i>	<i>Implementing a user-defined materi- al model in ANSYS Mechanical</i>
Körner, Laura	Dipl.-Ing. Josiane Giese Dr.-Ing. Matthias Lugenheim, Dr.-Ing. Jakob Bochmann (Mathes Beratende Ingenieure GmbH)	Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, Dr.-Ing. Kerstin Speck	Entwurfsplanung eines mehr- geschossigen Gerichtsgebäudes – Gebäudemodell, Lastabtrag und Variantenuntersuchung Bodenplatte
Langer, Ruben	Dr.-Ing. Michael Frenzel Dr.-Ing. Sebastian Wilhelm, Dr.-Ing. Robert Zobel (IBB Ingenieurbüro Baustatik Bautechnik)	Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, Dr.-Ing. Kerstin Speck	Tragfähigkeitsanalyse des Turmes der Dresdener Frauenkirche und des Hausmannsturmes vor dem Hintergrund der Anbringung einer Slackline
Miersch, Christian	Johanna Monka, M.Sc., Max Herbers, M.Sc.	Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, Dr.-Ing. Kerstin Speck	Entwurf eines Kindergartens in Sierra Leone
Schiefner, Tom	Dr.-Ing. Jens Tusche Dipl.-Ing. Robert Mehnert (Strabag Rail GmbH)	Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, Dr.-Ing. Jens Tusche	Variantenvergleich des Neubaus eines Kreuzungsbauwerks
Schmidt, Jonathan	Dr.-Ing. Jens Tusche	Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, Dr.-Ing. Jens Tusche	Entwurf eines Kreuzungsbauwer- kes mit besonderem Schwerpunkt Bauzustände
Schmidt, Tankosava Tana	Conrad Pelka, M.Sc., Johanna Monka, M.Sc.	Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, Dr.-Ing. Kerstin Speck	Designstudie zur Schlankheit von Fahrbahnplatten- und Randbal- kensystemen auf historischen Eisenbahngewölbebrücken
Schulz, Martin	Dr.-Ing. Marcus Hering	Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, Dr.-Ing. Kerstin Speck	Untersuchung verschiedener Aus- steifungslayouts am Beispiel eines dreigeschossigen Schulgebäudes

Liste aller weiteren Projektarbeiten | *List of all other Project Works*

Studierende <i>Students</i>	Betreuende <i>Supervisors</i>	Prüfende <i>Examiners</i>	Titel der Arbeit <i>Title of the work</i>
Seipel, Maximilian	Dipl.-Ing. Dominik Schlüter, Dipl.-Ing. Enrico Baumgärtel	Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, Dr.-Ing. Harald Michler	Machbarkeitsanalyse textilbewehrter Rohre zur Wasserführung
Stassen, Pierre	Dipl.-Ing. Kristina Farwig	Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, Dr.-Ing. Kerstin Speck	Entwicklung von Bemessungsverfahren für den Einsatz der Holz-Beton-Verbundbauweise bei Schubverbindungen von Fertigteilelementen aus Brettsperholz unter statischen Beanspruchungszuständen im Hochbau
Suliman, Amer	Dipl.-Ing. Enrico Baumgärtel	Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, Dr.-Ing. Harald Michler	Konzeption einer Flächensanierung mit Carbonbeton
<i>Tawfik, Omar Said Elnaggar</i>	<i>Jan-Hauke Bartels, M.Sc., Han Qian, M.Sc.</i>	<i>Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, Dr.-Ing. Patricia Garibaldi</i>	<i>Application of machine learning methods for the prediction of measured data on bridge structures with monitoring systems</i>
<i>Thomas, Riya</i>	<i>Dr.-Ing. Marcus Hering, Dipl.-Ing. (FH) Franz Bracklow</i>	<i>Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, Dr.-Ing. Patricia Garibaldi</i>	<i>International literature research on impact tests with reinforced concrete plates</i>
Unger, Nicholas	Dr.-Ing. Marcus Hering, Dipl.-Ing. (FH) Franz Bracklow	Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, Dr.-Ing. Kerstin Speck	Stahlbetonplatten unter Impaktbelastung – Vergleichende Zusammenstellung experimenteller Untersuchungen im In- und Ausland
Walther, Samuel	Johanna Monka, M.Sc., Conrad Pelka, M.Sc.	Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, Dr.-Ing. Kerstin Speck	Zustandsentwicklung von historischen Eisenbahn-Gewölbebrücken
Wein, Paul	Dr.-Ing. Silke Scheerer Dipl.-Ing. Jennifer Hoinka, Dr.-Ing. Alexander Schumann (CARBOCON GmbH)	Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, Dr.-Ing. Silke Scheerer	Entwurf eines Carbonbetontragwerks
Wetlitzky, Julian	Dipl.-Ing. Kristina Farwig, Dipl.-Ing. Enrico Baumgärtel	Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, Dr.-Ing. Kerstin Speck	Entwurf und statische Vorbemessung einer Holz-Beton-Verbundbrücke aus Brettschichtholz, Carbonbeton und nichtmetallischen Verbindungsmitteln mithilfe analytischer Methoden

BACHELORARBEITEN

Studienjahr 2021/2022

Die Bachelorarbeit bildet den Abschluss des Bachelorstudiums und ist Voraussetzung zum Erlangen des Hochschulgrades „*Bachelor of Science*“. Der Bachelorabschluss kann an der Fakultät Bauingenieurwesen der Technischen Universität Dresden ausschließlich im Fern-

studium erworben werden. Die Bachelorarbeit soll zeigen, dass die Studierenden in der Lage sind, innerhalb einer vorgegebenen Frist Probleme des Studienfaches selbstständig nach wissenschaftlichen Methoden zu bearbeiten.

Liste der Bachelorarbeiten

Studierende	Betreuende	Prüfende	Titel der Arbeit
Kleindienst, Samuel	Dipl.-Ing. Enrico Baumgärtel	Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, Dr.-Ing. Harald Michler	Konzeption für die Sanierung einer bestehenden Betonfläche mit Carbonbeton

DIPLOMARBEITEN | *MASTER'S THESES*

Studienjahr 2021/2022 | *Academic year 2021/2022*

Die Diplomarbeit bildet den berufsqualifizierenden Abschluss des Studienganges. In der Abschlussarbeit sollen die Studierenden an einem komplexen Ingenieurproblem die eigenständige wissenschaftlich methodische Vorgehensweise demonstrieren und somit zeigen, dass sie die für den Übergang in die Berufspraxis notwendigen gründlichen Fachkenntnisse erworben haben.

The Master's Thesis constitutes the professional qualification of the student at the end of the ACCESS Master's Program. In the thesis, the students should demonstrate their own scientific and methodical approach to a complex engineering problem, and thus show that they have earned the skills necessary and fundamental knowledge for transition into a professional life.

Selected works are briefly presented below.

Ausgewählte Arbeiten werden im Folgenden kurz vorgestellt.



Die Meiningenbrücke verbindet die Halbinsel Zingst mit dem Festland | Foto: IGS Ingenieure GmbH & Co. KG

Sebastián Gil Velásquez

Development of simplified design apparatuses for determining the flexural resistance of strengthened reinforced and prestressed concrete members (Master's Thesis)

Supervisors: Dr.-Ing. Michael Frenzel,
Dr.-Ing. Maria Patricia Garibaldi, Prof. Dr.-Ing.
Steffen Marx

The use of textile and carbon reinforced concrete for strengthening steel reinforced and prestressed concrete elements have been investigated in recent years. The suitability and high performance of carbon fabrics as a strengthening reinforcement material have been demonstrated both experimentally and theoretically. The design and calculation methods are based on the well-known reinforced concrete bending design procedure. They require complex iterative operations due to the nonlinear constitutive laws of the materials. The aim of the Master's Thesis is to simplify the bending design procedures in such a way that practical formulations can be used. Then, the mechanical behavior of concrete, steel reinforcement, prestressing steel, and textile are presented. After that, the bending design of a beam with a rectangular cross-section is explained, considering the conventional, compressive, and prestressing reinforcement. For the bending design, both possibilities are carried out, the determination of the steel reinforcement area and the determination of the bending resistance moment, the first when the external loads are given and the second when the reinforcement areas are known.

Subsequently, a description of textile reinforced concrete, its research on flexural reinforcement, and the formulations for flexural design for an element strengthened with textile are presented. For textile, the strain distribution at State 0 before the strengthening and the strain distribution in Serviceability Limit State for the strengthened cross-section are formulated. Therefore, the iterative procedure for determining the reinforcement area of a reinforced concrete beam strengthened with textile, also the resisting moment for bending design, is explained. Furthermore, simplified formulas to avoid the iterative procedure are developed. Finally, some examples are evaluated and discussed.

Franz Grützmacher

Varianteuntersuchung zur Gebäudeaussteifung eines mehrgeschossigen Bürogebäudes unter Berücksichtigung von Erdbebeneinwirkung (Diplomarbeit)

Betreuende: Dr.-Ing. Marcus Hering,
Dipl.-Ing. Kristina Farwig, Dr.-Ing. Harald Michler,
Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx
Betrieblicher Betreuer: Dr.-Ing. Jakob Bochmann
(Mathes Beratende Ingenieur GmbH)

In der Kölner Innenstadt auf der Domplatte plant die Stadt Köln eine Neuerrichtung der umliegenden Gebäude. Darunter zählt der Gebäudekomplex Historische Mitte Köln, bestehend aus dem Kölner Stadtmuseum und dem Kurien- und Studiengebäude. In der Diplomarbeit wurde das Kurien- und Studiengebäude betrachtet, welches durch eine Gebäudeufuge



Determination of the flexural resistance of a strengthened reinforced concrete slab | Photo: Frank Schloditz

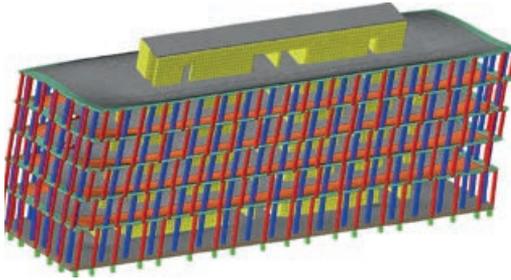


Abbildung der dynamischen ersten Eigenform des Gebäudes in der 3D-Ansicht InfoGraph | Grafik: Franz Grützmacher

vom Stadtmuseum getrennt ist. Das zu errichtende Gebäude soll nach den Wünschen des Architekten mit einer ästhetischen Exoskelettfassade und mehreren nachhaltigen Holzbetonverbunddecken ausgeführt werden. Zudem müssen Erdbeben bei der Modellierung und Bemessung mit betrachtet werden, da sich Köln nach Eurocode 8 in einem Erdbebengebiet befindet. Zusätzlich ergeben sich schwierige Randbedingungen im Bauzustand infolge der beengten Verhältnisse im innerstädtischen Bereich, sodass eine innenliegende Baugrubenaussteifung im Erdbebenfall betrachtet werden muss.

Ziel war die Erstellung eines funktionierenden Aussteifungssystems, welches im Erdbebenfall die horizontalen Kräfte von dem weichen Exoskelett über die Holzbetonverbunddecken in das Aussteifungssystem übertragen kann. Dabei wird in der Arbeit auf verschiedene Modellierungsansätze der Holzbetonverbunddecken und des Exoskelettes eingegangen. Zusätzlich wird eine Untersuchung der Einflüsse auf die Größe der Erdbebenkraft durchgeführt. Mit dieser Untersuchung konnte gezeigt werden, dass mit steigender Geschosssteifigkeit die Erdbebenkraft durch Berücksichtigung einer konstanten Geschossmasse mit ansteigt.

In der Variantenuntersuchung des Aussteifungssystems, dem Kernpunkt der Arbeit, stellte sich heraus, dass es nicht von Vorteil ist, möglichst viele Wände herzustellen, was auf die Erhöhung der Geschosssteifigkeit zurückzuführen ist. Vielmehr sollte eine Wandanordnung angestrebt werden, welche die Tragfähigkeitsnachweise erfüllt und keine weiteren statischen Wände vorsieht.

Luisa Krauß

Gegenüberstellung der Leistungsfähigkeit und Nachhaltigkeit von Carbonbetonverstärkungen und konventionellen Verstärkungsmaßnahmen (Diplomarbeit)

Betreuende: Dipl.-Ing. Peter Betz,
 Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx
 Betrieblicher Betreuer: Dr.-Ing. Alexander Schumann (CARBOCON GmbH)

Der Erhalt bestehender Bauwerke ist ein wichtiger Punkt, um ressourcenschonendes und umweltfreundliches Bauen zu verwirklichen. In den vergangenen Jahren kam als Alternative zu den etablierten Verstärkungsverfahren immer öfter Carbonbeton zur Anwendung. Aufgrund der Korrosionsbeständigkeit der Carbonbewehrung betragen die Verstärkungsschichtdicken üblicherweise etwa 10 bis 20 mm. Dadurch bietet Carbonbeton die Möglichkeit, Ressourcen und materialbedingte CO₂-Emissionen im Vergleich zu den konventionellen Verfahren einzusparen.

Um belastbare Aussagen über das tatsächlich mögliche Einsparpotential von Carbonbeton im Hinblick auf Ressourcen und Emissionen treffen zu können, wurden im Rahmen dieser Diplomarbeit für drei Praxisbeispiele konventionelle und Carbonbetonverstärkungen geplant und bemessen. Als konventionelle Verfahren wurden das Verstärken mit Spritzbeton und schlaffer Bewehrung sowie das Verstärken mit aufgeklebten CFK-Lamellen gewählt. Bei den Praxisbeispielen handelt es sich um die Verstärkung eines Dachtragwerks, die Verstärkung dreier Stahlbetondecken sowie die Verstärkung des Tragbogens der Brücke Thainburg.

Auf Grundlage der Bemessungsergebnisse wurden die drei Verstärkungsverfahren hinsichtlich Ressourcenverbrauch und materialbedingtem CO₂-Ausstoß miteinander verglichen. Infolge der geringen Schichtdicken der Carbonbetonverstärkungen im Vergleich zu Spritzbetonverstärkungen sind Ressourceneinsparungen von 80 bis 90 % und verminderte CO₂-Emissionen zwischen 22 und 51 % möglich. Der Vergleich der CFK-Lamellenverstärkung mit der Carbonbetonverstärkung ergab,



Die mit Carbonbeton verstärkte Brücke Thainburg | Foto: CARBOCON GmbH

dass durch die Verwendung von Carbonbeton bis zu 76 % an Emissionen eingespart werden können. Die Ergebnisse der Diplomarbeit zeigen, dass die Verwendung von Carbonbeton im Bereich der Verstärkung Ressourcen und Emissionen einspart und somit einen wichtigen Schritt in Richtung klimafreundliches Bauen darstellt.

Nicholas Unger

Der Zwei- und Dreimassenschwinger als Berechnungsmodell für Stahlbetonplatten unter Impaktbelastung (Diplomarbeit)

Betreuende: Dr.-Ing. Marcus Hering, Dipl.-Ing. (FH) Franz Bracklow, Dr.-Ing. Kerstin Speck, Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx

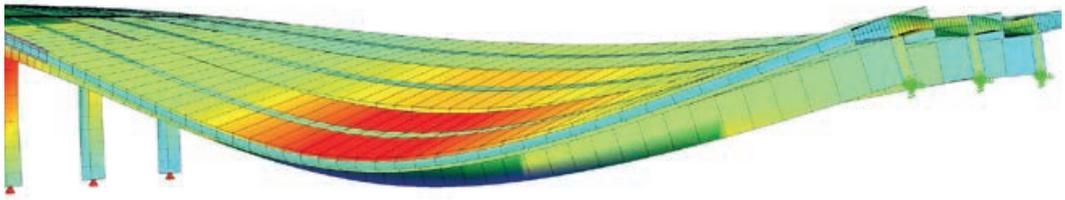
Massenschwinger dienen im Gebiet der Baudynamik als einfaches Modell zur Berechnung von zeitabhängigen Verformungen sowie Eigenkreisfrequenzen. Neben den bekannteren Wind- oder Erdbebenbelastungen kann damit auch die in dieser Arbeit behandelte Stoß- beziehungsweise Impaktbelastung dargestellt werden. Dazu werden die zwei grundlegenden, beim Impakt auf eine Platte auftretenden Massen, der Durchstanzkegel und die

umgebende mitschwingende Masse der Platte dem Zweimassenschwinger zugeordnet. Die zusätzliche Masse am Dreimassenschwinger dient der Darstellung des Impaktors, sodass im Gegensatz zum Zweimassenschwinger keine Belastungsfunktion mehr definiert werden muss.

In dieser Diplomarbeit wurden der Zwei- und der Dreimassenschwinger für Stahlbetonplatten unter Impaktbelastung in Microsoft Excel implementiert. Zur Validierung der erstellten Massenschwinger erfolgten Nachrechnungen von Versuchsplatten, welche mit anderen Literaturlösungen verglichen wurden. Während der Zweimassenschwinger die realen Verformungen gut darstellen konnte, bestanden im direkten Vergleich beim Dreimassenschwinger größere Abweichungen. Diese folgen aus



Die Massen von Impaktor, Platte und Durchstanzkegel können als Dreimassenschwinger approximiert werden | Foto: Nicholas Unger



Verformung des Überbaus bei Belastung bis in den GZT | Grafik: Jonas Scharf

dem notwendigerweise vereinfachenden Kontakt-Kraft-Gesetz der zusätzlichen Feder.

Abschließend erfolgte eine Sensitivitätsuntersuchung der verschiedenen Eingangskennwerte, um deren Einfluss auf die Verformungen erfassen zu können. Dabei wurde neben der Variation dieser Parameter die Platte beziehungsweise die Federn gezielt in unterschiedlich fortgeschrittenen Schädigungsgraden belastet, um das Ab- oder Zunehmen des Einflusses zu erkennen. Es hat sich gezeigt, dass insbesondere die untere Biegebewehrungslage hohe Abweichungen bezüglich der entstehenden Verformungen verursacht. Weiterhin konnte ein großer Einfluss der Parametergrößen festgestellt werden, die vor der Versuchsdurchführung lediglich als Annahmen existieren.

Jonas Scharf

Planung eines Großdemonstrators mittels nichtlinearer FEM (Diplomarbeit)

Betreuende: Max Herbers, M.Sc.,
Dr.-Ing. Kerstin Speck, Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx

Das Ziel der Diplomarbeit war es, eine Demonstratorbrücke im Rahmen des Forschungsprojektes IDA-KI zu entwerfen und zu berechnen. Die Demonstratorbrücke soll im Zuge der Umstellung auf eine prädiktive Instandhaltung eine Realdatenbasis durch Belastungsversuche bereitstellen können, die eine verbesserte Auswertung von Monitoringdaten mit künstlicher Intelligenz ermöglicht.

Dafür wurden an dem herausgearbeiteten Entwurf der Demonstratorbrücke Schäden und Versagenszustände verortet, die bei Belastungstests bis zum Grenzzustand der Trag-

fähigkeit gezielt auftreten sollen. Das Berechnungsmodell mit dem anschließenden Bemessungs- und Sicherheitskonzept für die Demonstratorbrücke wurde nach einer intensiven Auseinandersetzung mit dem nichtlinearen Tragverhalten des Stahl- und Spannbetons aus den Besonderheiten des Entwurfs und des Versuchsaufbaus abgeleitet. Auf diese Weise konnte in der Diplomarbeit die Demonstratorbrücke entsprechend den Anforderungen des Forschungsprojektes berechnet, bemessen und in Teilen konstruktiv durchgebildet werden.

Nazaib Ur Rehman

Status Quo – Durability of Non-Metallic Reinforcement in Concrete (Master's Thesis)

Supervisors: Dr.-Ing. Harald Michler,
Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach,
Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx

Conventional steel reinforced concrete structures have the problem of premature degradation due to the corrosion of steel bars especially in the deicing salt and marine environment and have been identified as one of the main reasons due to which the structures have to go through repair and maintenance work. In the early 1990s, fiber reinforced polymer (FRP) bars have appeared as one of the most promising and affordable solutions to the corrosion problems of steel reinforcement in structural concrete.

The application of FRP bars requires the development of design equations that must consider the long-term strength and strain of FRP products. The short-term properties of this composite material are although very well documented but the long-term durability issues still exist. There is also a lack of worldwide agreement on specification techniques and the selection and appro-

priateness of FRPs durability testing. The reason behind that is not just international variations in approach but also the variability in FRP production methods, fiber and resin material types, and the lack of real-time performance data.

In this study, an effort was made to study the main factors affecting the long-term behavior of FRPs based on an extensive literature review and to concisely summarize the investigations carried out by different researchers on the durability of FRPs. Two aspects of durability that were mainly considered here are the structural performance of FRP materials under severe environmental conditions, i.e., moisture, alkaline, temperature, and chloride conditions and the load conditions for a long-time exposure, i.e., the creep effect. The focus of the study was on the durability of FRPs reinforcement made of carbon fiber followed by glass and basalt fiber. The literature suggests that CFRP bars provide better mechanical resistance when exposed to environmental conditions as compared to other types of FRP reinforcement bars.

In addition, a wide range of approaches to the durability standards were also accounted for in a systematic manner in this work.

Jasmin Zschau

Bewegliche Brücken – Entwicklung und Gegenüberstellung von Konzepten für den Ersatzneubau der Meiningenbrücke (Diplomarbeit)

Betreuende: Dipl.-Ing. Berk Gündogdu, Dipl.-Ing. Enrico Baumgärtel, Dr.-Ing. Harald Michler, Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx
Betrieblicher Betreuer: Dipl.-Ing. Steffen Reinhardt (IGS Ingenieure Leipzig)

Bewegliche Brücken stellen eine spezielle Brückenform dar. In Deutschland befinden sich zurzeit noch 130 bewegliche Brücken in Betrieb. Als bewegliche Brücken werden alle Straßen- oder Eisenbahnstrecken verstanden, welche eine Wasserstraße kreuzen und die örtlichen Verhältnisse keinen ausreichenden Höhenunterschied der Verkehrsebenen ermöglichen. Die Ausführungsvarianten von beweglichen Brücken lassen sich in Klapp-, Dreh- und Hubbrücken unterteilen. Hauptaugenmerk liegt hierbei auf dem Aufbau, der Antriebstechnik und der Funktionsweise der einzelnen Brückenarten.

Bei der bestehenden Brücke in Meiningen handelt es sich um eine Drehbrücke. Diese soll in naher Zukunft durch einen Neubau ersetzt



Carbon fiber reinforcement bar in concrete | Photo: Sven Hofmann



Der drehbare Teil der Meiningenbrücke über den Meiningenstrom | Foto: IGS Ingenieure GmbH & Co. KG

werden. Durch die Betrachtung von verschiedenen Ausführungsvarianten (Klappbrücke mit fester Achse und starrem Gewichtsausgleich, Hub-Drehbrücke, Klappbrücke mit fester Achse und zwangsläufigem Gewichtsausgleich) und einer anschließenden kritischen Gegenüberstellung konnte die erste Variante als Vorzugsvariante für den Ersatzneubau ermittelt werden.

Der favorisierte Entwurf wurde in einer vertiefenden Betrachtung mithilfe einer Finite-Elemente-Software ausführlich auf seine technische Realisierbarkeit überprüft. Dies beinhaltete insbesondere die verschiedenen Bewegungszustände sowie die offene und geschlossene Stellung der beweglichen Brücke.

Aufgrund der Besonderheiten der Brücke bestehen neben der Variation des statischen Systems Unterschiede in den auf das System wirkenden Lasten. Als maßgebende Lasten kristallisierten sich im geschlossenen System die Verkehrslasten und im komplett geöffneten Zustand die Windlasten heraus. Im Gegensatz zu festen Brücken werden bei beweglichen Brücken die Lasten neben Auflagern auch in die Antriebstechnik eingeleitet. Eine erste Dimensionierung dieser Antriebstechnik wurde ebenfalls vorgenommen. Resultierend auf den erarbeiteten Ergebnissen konnten diverse Optimierungsmöglichkeiten für das Tragkonzept des geplanten Entwurfs ermittelt und benannt werden.

Liste aller weiteren Diplom /Masterarbeiten | *List of all other Diploma & Master's Theses*

Studierende <i>Students</i>	Betreuende <i>Supervisors</i>	Prüfende <i>Examiners</i>	Titel der Arbeit <i>Title of the work</i>
Abimbola, Oluwatimilehin Daniel	Dipl.-Ing. Tobias Neef (Institut für Baustoffe, TU Dresden) Iurii Vakaliuk, M.Sc., Dr.-Ing. Silke Scheerer, Dr.-Ing. Maria Patricia Garibaldi	Prof. Dr.-Ing. Viktor Mechtcherine (Institut für Baustoffe, TU Dresden) Dr.-Ing. Maria Patricia Garibaldi	<i>Development of the programming GH tool for the production of thin-walled TRC structures using methods of 3D concrete printing</i>
Bartzcak, Erkki Tobias	Jan-Hauke Bartels, M.Sc. Frederik Wedel (MKP GmbH) Dipl.-Ing. Jan Grottke (Geodätisches Institut, RWTH Aachen)	Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx	Parameterstudie zur photogrammetrischen Bestandsaufnahme von Brückenbauwerken mittels Drohnenbefliegung

Liste aller weiteren Diplom /Masterarbeiten | *List of all other Diploma & Master's Theses*

Studierende <i>Students</i>	Betreuende <i>Supervisors</i>	Prüfende <i>Examiners</i>	Titel der Arbeit <i>Title of the work</i>
Bergmann, Charlie	Daniel Gebauer, M.Sc. Dipl.-Ing. Sebastian Leicht (Ingenieurgesellschaft Bonk+Herrmann mbH) Matthias Lang, M.Sc. (thyssenkrupp Infrastructure GmbH)	Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx	Entwicklung eines Rückbauverfahrens für vorgespannte Ortbeton-Talbrücken großer Spannweite am Beispiel der Siegtalbrücke
Da Silva Coelho, Thomas	Dipl.-Ing. Kristina Farwig	Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, Dr.-Ing. Harald Michler	Variantenvergleich von Holz-Beton-Verbundbrücken als Rad-/Fußwegbrücken aus Brettschichtholz, Carbonbeton und ausgewählten Verbindungsmitteln hinsichtlich der Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und der CO ₂ -Emissionen
Einert, Paul	Dr.-Ing. Harald Michler Dipl.-Ing. Vinzenz Peuker (Planungsgruppe Brücken-, Ingenieur- und Tiefbau PartGmbH)	Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx	Ertüchtigung einer zweifeldrigen Gewölbebrücke
Ezdini, Marwan	<i>Dr.-Ing. Katarzyna Zdanowicz</i>	<i>Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, Dr.-Ing. Maria Patricia Garibaldi</i>	<i>Prestressing of concrete structures with FRP reinforcement – historical overview and calculations of prestress losses</i>
Gestrich, Tobias	Conrad Pelka, M.Sc. Dipl.-Ing. Claudia Friedrich (Fachplanung KIB Südost DB Netz AG)	Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx	Fahrbahnplattenausbildung auf historischen Gewölbebauwerken bei unterschiedlichen Hinterfüllstetigkeiten und deren Abhängigkeit auf differenzierte Gewölbeformen
Großmann, Jürgen	Dipl.-Ing. Peter Betz Dr.-Ing. Alexander Schumann (CARBOCON GmbH)	Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx	Bemessung und Vergleich von konventionellen Verstärkungsmaßnahmen und Carbonbetonverstärkungen anhand ausgewählter Beispiele
Herrbach, Yanis	Mengyan Peng, M.Sc., Jan-Hauke Bartels, M.Sc. Dipl.-Ing. Jan Reissen (VIC Planen und Beraten GmbH)	Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, Dr.-Ing. Kerstin Speck	Praktische Anwendung der BIM-Planungsmethode im Brückenbau
Herzberg, Daniela	Dipl.-Ing. Kristina Farwig	Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, Dr.-Ing. Harald Michler	Konzipierung und Bemessung baupraktischer Anschlusslösungen von Wand-Decken-Übergängen zur Verbindung von Fertigteileplatten und -scheiben aus Brettspertholz und Stahlbeton bzw. Carbonbeton
Hösch, Kilian	Dipl.-Ing. Oliver Steinbock, Johanna Monka, M.Sc. Dipl.-Ing. Norbert Bräuning (Ingenieurbüro Bräuning + Partner mbB) Dr.-Ing. Harald Gerlach (Ingenieurbüro Dr. H. Gerlach)	Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx	Theorie und exemplarische Anwendung eines Arbeitskanons für Bauwerke im Bestand am Beispiel der statischen Ertüchtigung und Umnutzung eines Bürogebäudes
Kapsner, Lea	Dr.-Ing. Marcus Hering, Dipl.-Ing. (FH) Franz Bracklow	Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, Dr.-Ing. Kerstin Speck	Berechnung von Stahlbetondecken unter Stoßbelastung

Liste aller weiteren Diplom /Masterarbeiten | *List of all other Diploma & Master's Theses*

Studierende <i>Students</i>	Betreuende <i>Supervisors</i>	Prüfende <i>Examiners</i>	Titel der Arbeit <i>Title of the work</i>
Körner, Laura	Dipl.-Ing. Josiane Giese Dr.-Ing. Jakob Bochmann (Mathes Beratende Ingenieur GmbH)	Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, Dr.-Ing. Kerstin Speck	Analyse des Bestandtragwerks der mechanischen Werkstatt des ehemaligen Heizkraftwerks Dresden Mitte
Lowke, Elisabeth	Dipl.-Ing. Dominik Schlüter	Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx	Entwicklung eines Bemessungsmodells und Anwendungsanalyse von Hohlkörperplatten aus Carbonbeton
Meier, Benedikt	Dennis Birkner, M.Sc. Dipl.-Ing. (FH) Andreas Wirker (WKP Planungsbüro für Bauwesen GmbH, VBI)	Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx	Untersuchung und Anwendung des mehrstufigen Ermüdungsnachweiskonzepts bei Stahlbetonbrücken
Mewes, Hendrik	Dr.-Ing. Jens Tusche Dipl.-Ing. Thomas Hänsel (DB Engineering & Consulting GmbH, Region Südost)	Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx	Die Interaktion zwischen Fester Fahrbahn und Brückenbauwerk
Pardow, Georg	Dr.-Ing. Kerstin Speck, Dipl.-Ing. Peter Betz Prof. Dr.-Ing. Thomas Bösche (Ingenieurbüro Cbing – Curbach Bösche Ingenieurpartner)	Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx	Hängetragwerk des DLF-Hochhauses in Köln – Weiterführende Untersuchung des Tragverhaltens
Roth, Katharina	Dr.-Ing. Chongjie Kang Dipl.-Ing. Ronny Hofmann (Ingenieurbüro mgp gille + partner)	Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx	Ersatzneubau der Straßenbrücke BW 304 über die Seidewitz in Pirna
<i>Sezallari, Kamber</i>	<i>Lurii Vakaliuk, M.Sc., Dr.-Ing. Maria Patricia Garibaldi Dipl.-Ing. Daniel Pfarr (Institute of Building Construction, TU Dresden)</i>	<i>Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, Dr.-Ing. Maria Patricia Garibaldi</i>	<i>Form follows environment – flexible glass façade optimized with 3D printing and Grasshopper form optimization</i>
Sitter, Jakob	Dr.-Ing. Oliver Steinbock	Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx	Auswertung und numerische Analyse von Brückenträgern aus Carbonbeton
Stassen, Pierre	Dipl.-Ing. Kristina Farwig	Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, Dr.-Ing. Harald Michler	Numerische Lastfalluntersuchung und Parameterstudie am Beispielgebäude zur Bemessung von Schubverbindungen zwischen Brettsperrholzelementen mit Betonfugen
Werchan, Hildrun	Kai Gebuhr, M.Eng., Dr.-Ing. Frank Schladitz Dr.-Ing. Alexander Schumann (CARBOCON GmbH)	Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx	Bemessung von Bauteilen aus Stahl- und Carbonbeton im Vergleich
Xu, Qian	Max Herbers, M.Sc.	Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx	Strukturverhalten von semi-integralen Eisenbahnbrücken am Beispiel der Grubentalbrücke
Yu, Yinzi	Dipl.-Wirtsch.-Ing. (FH) Matthias Tietze, Dr.-Ing. Frank Schladitz Dr.-Ing. habil. Regine Ortlepp, Dr.-Ing. Georg Schiller (Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e.V.)	Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx	Nachhaltigkeitspotenziale von Carbonbetonbauteilen im Vergleich zur konventionellen Stahlbetonbauweise – Parameterstudie an einem weit verbreiteten Gebäudetyp in spezifischen Standortkontexten

ABSEITS DES LEHRPLANS

OFF THE CURRICULUM

Studienjahr 2021/2022 | Academic year 2021/2022



Teilnehmer:innen der Brückenbauexkursion am Viaduc de Millau | Participants of the bridge excursion at the Viaduc de Millau | Photo: Johannes Reimer

Brückenbauexkursion 2022 durch Frankreich

Im Sommer 2022 war es endlich wieder soweit. Prof. Marx, drei Mitarbeiter und 22 Studierende des Bauingenieurwesens brachen zur Brückenbauexkursion nach Frankreich auf. Die geplante Route sollte sie über eine Länge von über 3.500 km bis an die französische Mittelmeerküste führen. Bereits ein halbes Jahr vorher begann die Planung der außergewöhnlichen Exkursion. Aus dem ursprünglich geplanten einwöchigen Trip wurde aufgrund der vielen geplanten Sehenswürdigkeiten eine elf Tage dauernde Reise voller neuer Eindrücke, Brückenbauwerke und Baustellen. Neben Führungen über Baustellen, durch Werke und Labore hatten die Studierenden zu jedem besichtigten Bauwerk Vorträge bzw. Kurzpräsentationen vorbereitet.

Bridge Excursion 2022 through France

In the summer of 2022, the time had finally come again. Prof. Marx, three staff members and 22 civil engineering students set off on a bridge building excursion to France. The planned route was to take them over a length of more than 3,500 km to the French Mediterranean coast. The planning for this extraordinary excursion began six months beforehand. Due to the many sights planned, the originally planned one-week trip turned into an eleven-day trip full of new impressions, bridge constructions and construction sites. In addition to guided tours of construction sites, through plants and laboratories, the students had prepared lectures or short presentations on each structure visited.

The journey began on a warm Monday morning in August. Together in three Bullis and a Caddy, we first went to the construction site of the Federal Highway BAB A 49 in Schwalmstadt. Here, the first construction phase of a semi-integral bridge

Die Reise begann an einem warmen Montagmorgen im August. Gemeinsam in drei Bullis und einem Caddy ging es zuerst auf die Baustelle der Bundesautobahn BAB A 49 in Schwalmstadt. Hier konnte der erste Bauabschnitt einer semi-integralen Brücke bei einer ausführlichen Führung begutachtet werden. Im ersten Etappenziel Düsseldorf konnte der Abend in Sichtweite der Rheinkniebrücke genossen werden. Bereits am frühen Morgen des zweiten Tages besichtigten die Studierenden die Baustelle der Stadtbahnstrecke U81 in Düsseldorf. Insbesondere die Mittelträgerbrücke in Stahlbauweise über die Autobahn A 44 wurde ausgiebig in Augenschein genommen. Die Reiseroute führte 470 km weiter über Belgien nach Paris. Erster Stopp in *La République française* war die Brücke Pont de Luzancy. Diese an einem idyllischen Fluss gelegene, von Eugène Freyssinet entworfene Brücke zählt zu den ersten Spannbetonbrücken überhaupt. Bei bereits einsetzender Dunkelheit wies der Eiffelturm den Weg zum Etappenziel in Paris.

Mit einem Besuch an der Universität Gustave Eiffel begann der Aufenthalt in Paris. Bei der Besichtigung der Versuchshallen und beim Austausch über den jeweiligen Forschungsstand konnten neue Kontakte zwischen Studierenden und wissenschaftlichen Angestellten geknüpft werden. Der Besuch der Baustelle Franchissement Urban Pleyel brachte die Erkenntnis, dass der Baustellensicher-

could be viewed during a detailed guided tour. In the first stage destination Düsseldorf, the evening could be enjoyed within sight of the Rheinknie bridge. Early in the morning of the second day, the students visited the construction site of the U81 light rail line in Düsseldorf. In particular, the central girder bridge in steel construction over the A 44 freeway was extensively inspected. The route continued 470 km via Belgium to Paris. The first stop in La République française was the Pont de Luzancy. Situated on an idyllic river, this bridge designed by Eugène Freyssinet is one of the very first prestressed concrete bridges. With darkness already setting in, the Eiffel Tower pointed the way to the stage destination in Paris.

The stay in Paris began with a visit to the Université Gustave Eiffel. During the tour of the experimental halls and the exchange about the respective state of research, new contacts between students and scientific employees could be established. The visit to the Franchissement Urban Pleyel construction site brought the realization that construction site safety is obviously more important on many construction sites in France than it is in Germany. Short pants almost prevented the inspection of this urban overpass. Over a length of 300 m, the Olympic sports facilities are to be connected to the metro station in the north of Paris. During a subsequent walk along the Seine, the Eiffel Tower and various bridges – Pont des Arts, Pont Neuf, Passerelle Simone-de-Beauvoir – could be viewed at length.



Tagesausklang an der Seine | *End of day on the Seine* | Photo: Johannes Reimer

heit auf vielen Baustellen in Frankreich offensichtlich eine größere Bedeutung zukommt, als es in Deutschland der Fall ist. Kurze Hosen hätten fast die Besichtigung dieser städtischen Überführung verhindert. Über eine Länge von 300 m sollen im Norden von Paris die olympischen Sportstätten mit der Metrostation verbunden werden. Bei einer anschließenden Wanderung entlang der Seine konnten sowohl der Eiffelturm als auch verschiedene Brücken – Pont des Arts, Pont Neuf, Passerelle Simone-de-Beauvoir – ausgiebig betrachtet werden. Den Abend in Paris verbrachte die gesamte Exkursionsgruppe gemeinsam bei Baguette und Wein am Ufer der Seine.

Richtung Süden gab es Zwischenstopps an der Pont Boutiron, ebenfalls einer Brücke von Eugène Freyssinet, und dem Viaduc de Fades, einer alte Eisenbahnbrücke. Nach einer feuchtkalten Nacht auf dem Campingplatz stand das Highlight für viele auf der Tagesplanung. Nach einem Bad unter dem Garabit-Viadukt hieß das nächste Ziel: Viaduc de Millau. Diese Schrägseilbrücke ist mit 2.460 m die längste Multischrägseilbrücke der Welt.

In Montpellier am Mittelmeer wurde ein wenig freie Zeit mit Baden im Mittelmeer oder für einen kleinen Stadtrundgang genutzt. Die Pont du Gard, eine rund 2.000 Jahre alte Bogenbrücke, war das nächste Highlight der Exkursion. Nach einem erfrischenden Bad in der Garonne konnte die Fahrt nach Avignon angetreten werden, wo der Tag mit einer kleinen Stadttour und einem Restaurantbesuch abschloss.



Brückenbesichtigung und Spaß am Pont du Gard | Bridge tour and fun at the Pont du Gard | Photo: Johannes Reimer



Für Schwingungsanregungen auf der Passerelle Himalayense hat nicht jeder Besucher Verständnis | For vibration stimuli on the Passerelle Himalayense not every visitor has understanding | Photo: Johannes Reimer

The entire excursion group spent the evening in Paris together with baguettes and wine on the banks of the Seine.

Heading south, there were stops at the Pont Boutiron, also a bridge by Eugène Freyssinet, and the Viaduc de Fades, an old railroad bridge. After a cold and wet night at the campsite, the highlight for many was on the day's schedule. After a swim under the Garabit viaduct, the next destination was Viaduc de Millau. At 2,460 m, this cable-stayed bridge is the longest multi-cable bridge in the world.

In Montpellier on the Mediterranean Sea a little free time was used with bathing in the Mediterranean Sea or for a small city tour. The Pont du Gard, an arch bridge about 2,000 years old, was the next highlight of the excursion. After a refreshing swim in the river Garonne, the trip to Avignon could be started, where the day ended with a small city tour and a visit to a restaurant.

Nach einem Besuch bei der Pont Julien ging es weiter zur Baustelle des größten Kernfusionsreaktors der Welt, dem ITER. An einem Bergsee in den französischen Alpen erwartete einen Teil der Gruppe eine kurze Nacht. Um 4 Uhr morgens brachen trotz windiger Kälte 13 Teilnehmer:innen zu einer Wanderung auf einen nahe gelegenen Berg auf. Lohn war ein atemberaubender Sonnenaufgang, der auch wegen der wärmenden Sonne sehnsüchtig erwartet wurde. Motorisiert ging es weiter zur Hängebrücke Passerelle Himalayenne, zur Monteynard Talsperre und zum Cize-Bolozon-Viadukt. Diese doppelstöckige Bogenbrücke verbindet Frankreich mit der Schweiz.

Zum Ende der Exkursion konnten in Strasbourg im Elsass neben dem Port du Rhin mehrere alte Bogenbrücken und die Rheinüberquerungen besichtigt werden. Ein Besuch des Fertigteilwerks von Max Bögl in Sengenthal lockerte die lange Fahrt zurück nach Dresden auf. Bei der Werksbesichtigung fiel auf, wie sauber ein Fertigteilwerk doch sein kann. Am Abend des elften Tages kamen alle Exkursionsteilnehmer:innen gesund und um viele Eindrücke reicher in Dresden an.

Baumhaus an der Ottendorfer Hütte – erste Modelle stehen

Das Baumhaus für die Wanderherberge Ottendorfer Hütte in der Sächsischen Schweiz nahm 2022 langsam Gestalt an, wenn zunächst auch erst einmal im Maßstab 1:25. Nach einer intensiven Erkundung und Vermessung des Geländes im Jahr zuvor entwickelten die Studierenden aus ersten Ideen digitale Modelle. In mehreren Iterationen wurden die Entwürfe verfeinert, wieder verworfen, neu gedacht, kombiniert und an die Wünsche der Bauherren aus der Ottendorfer Hütte angepasst. Die Bauherren trafen auch eine Vorauswahl an Entwürfen, die detaillierter ausgearbeitet werden konnten.

Einfacher war dagegen die Auswahl eines geeigneten Baumes nahe der Einfahrt. Von diesem und dem umgebenden Gelände erstellten

After a visit to the Pont Julien, we continued to the construction site of the world's largest nuclear fusion reactor, ITER. At a mountain lake in the French Alps, a short night awaited part of the group. At 4 a.m., despite the windy cold, 13 participants set out for a hike up a nearby mountain. The reward was a breathtaking sunrise, which was also eagerly awaited because of the warming sun. Motorized we continued to the suspension bridge Passerelle Himalayenne, the Monteynard dam and the Cize-Bolozon viaduct. This double-decker arch bridge connects France with Switzerland.

At the end of the excursion, several old arch bridges and the Rhine crossings could be viewed in Strasbourg in Alsace, next to the Port du Rhin. A visit to the precast plant of Max Bögl in Sengenthal loosened up the long drive back to Dresden. During the tour of the plant, it was noticeable how clean a precast plant can be. On the evening of the eleventh day, all excursion participants arrived in Dresden in good health and enriched by many impressions.

Tree house at Ottendorfer Hütte – first models are ready

The tree house for the Ottendorfer Hütte hikers' hostel in Saxon Switzerland slowly took shape in 2022, if at first on a scale of 1:25. After intensive exploration and surveying of the terrain the year before, the students developed digital models from initial ideas. In several iterations, the designs were refined, discarded again, rethought, combined and adapted to the wishes of the builders



Diskussion mit Bea | *Discussion with Bea* | Photo: Kerstin Speck



Modell eines der Baumhäuser | *Idea for a tree house* | Photo: Marieluise Lechner

die Studierenden ein maßstäbliches Geländedemodell, welches auf einer selbst durchgeführten Drohnenvermessung beruht. Im Dezember belegte eine Gruppe erneut die Hütte, ausgerüstet mit Finnplatte, Cutter und Leim zum Modellbau. Ohne Laub wirkte „unser“ Baum viel filigraner als im Sommer. So wurden nicht nur die digitalen Entwürfe aufgegriffen, sondern die Konstruktionen noch mal grundsätzlich überdacht und auch völlig neue Ideen geboren. Der direkte Austausch mit Bea gab den Entwürfen die richtige Ausrichtung. Aus der Vielzahl der entstandenen Modelle gilt es nun, den besten auszuwählen und in den Maßstab 1:1 zu wechseln.

Wissenschaftliche Projektwoche mit Schülern der MANOS

Nach einer coronabedingten Pause waren in diesem Frühjahr wieder drei Schüler der siebten Klasse des Martin-Andersen-Nexö Gymnasiums (MANOS) im Rahmen der alljährlich stattfindenden wissenschaftlichen Projektwoche zu Gast am Institut für Massivbau und im OML. Wissbegierig und voller Motivation widmeten sich die Schüler dem Thema „Vom Stahl zum Carbonbeton“, bei dem das Biegen und Brechen nicht nur sprichwörtlich eine zentrale Rolle einnahm.



Modell eines Baumhauses | *Idea for a tree house* | Photo: Marieluise Lechner

from the Ottendorfer Hütte. The clients also made a pre-selection of designs that could be elaborated in more detail.

More straightforward, however, was the selection of a suitable tree near the entrance. The students created a scaled terrain model of this and the surrounding area, based on a drone survey they conducted themselves. In December, a group again occupied the cabin, equipped with cardboard, cutter, and glue for model building. Without foliage, „our“ tree looked much more filigreed than in the summer. So not only were the digital designs taken up, but the constructions were fundamentally reconsidered once again and completely new ideas were also born. The direct exchange with Bea gave the designs the right direction. From the numerous models that were created, the task now is to select the best one and switch to the 1:1 scale.

Scientific project week with pupils from MANOS

After a break due to corona, three seventh grade students from Martin-Andersen-Nexö Gymnasium (MANOS) were once again guests at the Institute of Concrete Structures and the OML this spring as part of the annual scientific project week. Inquisitive and full of motivation, the pupils devoted themselves to the topic „From steel to carbon reinforced concrete“, in which bending and breaking not only played a proverbial central role.



Von ersten Rissen bis zum Versagen – die Schüler beobachten und dokumentieren alles genau | *From the first cracks to failure – the pupils observe and document everything closely* | Photo: Stefan Gröschel

Girls Day Akademie im OML

Im Mai waren zwei Gruppen von Schülerinnen im Otto-Mohr-Laboratorium zu Gast, die zuvor die Ausstellung „Queens of Structure“ vor dem Hörsaalzentrum der TU Dresden besichtigt hatten. Im Rahmen eines kleinen Vortrages wurden der Baustoff Beton näher vorgestellt und gezeigt, was man alles mit diesem bauen kann. Natürlich haben wir neben einigen Videos von größeren Versuchen auch kleine Versuche an Betonprobekörpern live vorgeführt. Gerade die Leistungsfähigkeit von hochfestem Beton beeindruckte die Schülerinnen nachhaltig.

Girls Day Academy at the OML

In May, two groups of schoolgirls visited the Otto Mohr Laboratory, having previously seen the “Queens of Structure” exhibition in front of the lecture hall. In the course of a small lecture, the building material concrete was presented in more detail and shown what can be built with it. Of course, in addition to some videos of larger tests, we also demonstrated small tests on concrete specimens live. The performance of high-strength concrete in particular made a lasting impression on the students.



OML-Besichtigung einer Schülerinnengruppe im Rahmen der Girls Day Akademie | *Lab visit by a group of schoolgirls as part of the Girls Day Academy* | Photo: Stefan Gröschel

PREISE, EHRUNGEN UND WETTBEWERBE

AWARDS, HONOURS AND COMPETITIONS

Studienjahr 2021/2022 | Academic year 2021/2022



Siegerentwurf für die Elbquerung im Bereich des Ostrageheges | *Winning design for the Elbe crossing in the Ostragehege area* | Visualization: Niklas Blume

Studentischer Wettbewerb „Ressourceneffizienter Leichtbau am Beispiel einer Rad- und Gehwegbrücke über die Elbe“

Der Verkehrsentwicklungsplan der Stadt Dresden sieht eine neue Elbquerung als Ersatz der 1996 eingestellten Fährverbindung von der Ostra-Halbinsel zum Ball- und Brauhaus Watzke vor. Ziel des studentischen Wettbewerbs war es, eine reine Fuß- und Radwegbrücke zu entwerfen. Das Tragwerk sollte effizient und ressourcenschonend ausgelegt werden und auch technisch, gestalterisch, ökologisch und

Student competition „Resource-efficient lightweight construction using the example of a bicycle and sidewalk bridge over the Elbe River

The traffic development plan of the city of Dresden envisages a new Elbe crossing to replace the ferry connection from the Ostra peninsula to the Ball- und Brauhaus Watzke, which was discontinued in 1996. The goal of the student competition was to design a pure pedestrian and bicycle bridge. The supporting structure should be designed to be efficient and save resources, and should also be convincing from a technical, design, ecological and economic point of view. In addition to the Institute of Concrete Structures at the TU Dresden, the DFG



Das Preisgericht (v. l. n. r.): Stephan Kühn, Sabine Göbel, Volker Schmid, Stephanie Mau, Steffen Marx, Hendrik Lindner | The jury (from left to right): Stephan Kühn, Sabine Göbel, Volker Schmid, Stephanie Mau, Steffen Marx, Hendrik Lindner | Photo: Max Herbers

ökonomisch überzeugen. Neben dem Institut für Massivbau der TU Dresden gehörte der DFG-Sonderforschungsbereich/Transregio 280 „Konstruktionsstrategien für materialminimierte Carbonbetonstrukturen – Grundlagen für eine neue Art zu bauen“ zu den Auslobern des Wettbewerbs.

38 Studierende von vier verschiedenen Hochschulen (TU Berlin, BTU Cottbus, HTW Dresden, TU Dresden) erstellten zwölf qualitativ hochwertige Entwürfe. Im August 2022 kürte eine sechsköpfige Jury aus Vertretern der Stadt und der beteiligten Universitäten den Siegerentwurf. Durchsetzen konnte sich ein Team der TU Dresden, welches einen einseitig aufgehängten Kreisringträger für diesen Ort vorsieht. Hervorgehoben wurden von der Jury die architektonische Qualität des Bauwerks, welches eine Bereicherung für den Ort darstellt und über die geschickte Anbindung am Pieschener Ufer die Mobilität für den Fuß- und Radverkehr deutlich steigert. Auf dem zweiten und dritten Platz landeten jeweils Entwürfe der TU Berlin, welche eine zwei- bzw. einhüftige Schrägkabelbrücke als Elbquerung vorsehen.

Die Sieger durften sich über eine Teilnahme an der Konferenz „footbridge“ in Madrid freuen. Für die Platzierten stiftete das Ingenieurbüro MKP Geldpreise und alle Teilnehmer:innen erhielten das Buch „Der Turm und die Brücke“, welches der Ernst & Sohn Verlag kostenfrei zur Verfügung stellte.

Collaborative Research Center/Transregio 280 “Design Strategies for Material-Minimized Carbon Concrete Structures – Foundations for a New Way of Building” is one of the sponsors of the competition.

38 students from four different universities (TU Berlin, BTU Cottbus, HTW Dresden, TU Dresden) produced twelve high-quality designs. In August 2022, a jury of six representatives from the city and the participating universities selected the winning design. A team from the TU Dresden prevailed, which envisages a circular ring girder suspended on one side for this location. The jury emphasized the architectural quality of the structure, which represents an enrichment for the location and significantly increases mobility for pedestrians and cyclists via the clever connection to the Pieschener Ufer. Second and third place went to designs by the Technical University of Berlin, which envisage a two- and single-span cable-stayed bridge to cross the Elbe.

The winners were able to look forward to attending the “footbridge” conference in Madrid. The engineering firm MKP donated cash prizes for the winners and all participants received the book “Der Turm und die Brücke” (The Tower and the Bridge), which was made available free of charge by Ernst & Sohn Verlag.



Niklas Blume und Franz Weinert vom Siegerteam auf der „footbridge“ in Madrid | Niklas Blume and Franz Weinert from the winning team on the „footbridge“ conference in Madrid | Photo: N. N., © Niklas Blume

Lehrpreis der Gesellschaft von Freunden und Förderern der Technischen Universität Dresden e. V.

Die Gesellschaft von Freunden und Förderern der Technischen Universität Dresden (GFF) e. V. würdigt mit ihrem Lehrpreis innovative Lehr- und Lernkonzepte. In der Ausschreibung waren diesmal Konzepte gesucht, die sich insbesondere den Themen ökologische Nachhaltigkeit oder Entrepreneurship widmen. Erstmals waren alle Hochschulangehörigen aufgefordert, Vorschläge einzureichen. Aus diesen hat der Vorstand der GFF gemeinsam mit dem Prorektor Bildung die Preisträger:innen für den mit jeweils 5.000 Euro dotierten Lehrpreis ausgewählt. Prof. Michael Kobel, Prorektor Bildung, und Prof. Angela Rösen-Wolff, Prorektorin Forschung, übergaben die Lehrpreise 2022 der GFF während der Senatssitzung im Dezember.

Teaching Award of the Association of Friends and Sponsors of Technische Universität Dresden

The Association of Friends and Sponsors of Technische Universität Dresden (GFF e. V.) honors innovative teaching and learning concepts with its teaching award. This time, the competition was looking for concepts that are particularly dedicated to the topics of ecological sustainability or entrepreneurship. For the first time, all university members were invited to submit proposals. From these, the GFF Board of Directors, together with the Prorektor for Education, selected the winners of the teaching award, each of which is endowed with 5,000 euros. Prof. Michael Kobel, Prorektor Education, and Prof. Angela Rösen-Wolff, Prorektor Research, presented the GFF Teaching Awards 2022 during the Senate meeting in December.

The course "Building in Existing Contexts – Strengthening of Concrete Structures" convinced



Michael Kobel (links) überreicht den Lehrpreis 2022 im Bereich Ökologische Nachhaltigkeit an Peter Betz, Conrad Pelka und Steffen Marx | Michael Kobel (left) presents the 2022 Teaching Award in the field of Ecological Sustainability to Peter Betz, Conrad Pelka and Steffen Marx | Photo: Lorenz Ostwald

Die Lehrveranstaltung „Bauen im Bestand – Verstärken von Massivbauwerken“ überzeugte die Jury im Bereich ökologische Nachhaltigkeit. Die Verstärkung ermöglicht die Weiternutzung von Bauwerken und spart erheblich Ressourcen gegenüber einem Rück- und Neubau ein. Die Lehrveranstaltungen sind interaktiv aufgebaut und regen die Studierenden zum selbstständigen und begreifenden Lernen an. So werden die Studierenden fiktiv mit der Sanierung des KDF-Komplexes in Prora beauftragt oder prüfen eigenhändig die Materialeigenschaften eines Bestandsbauteils.

Lohrmann-Medaille für Jonas Scharf

Mit der Lohrmann-Medaille ehrt die TU Dresden jedes Jahr ihre besten Absolventen und Absolventinnen. Jede Fakultät und der Studierendenrat dürfen je eine Person vorschlagen, die nicht nur eine hervorragende Abschlussarbeit vorgelegt, sondern während des gesamten Studiums sehr gute Leistungen erbracht hat. Die Rektorin der TU Dresden, Prof. Ursula M. Staudinger, und der Prorektor Bildung, Prof. Michael Kobel, möchten mit der Auszeichnung „junge Talente am Beginn ihrer Karriere unterstützen, bestärken und motivieren.“

Die Fakultät Bauingenieurwesen schlug Jonas Scharf für die Lohrmann-Medaille vor. Neben den allgemein sehr guten Studienleistungen fertigte er seine herausragende Projekt- und Diplomarbeit an unserem Institut an. Er beeindruckte auch mit dem Siegerentwurf beim letztjährigen studentischen Brückenbauwettbewerb. Nicht zuletzt wegen seines fundierten Fachwissens und seiner engagierten Arbeitsweise ist Jonas Scharf seit November 2022 Mitarbeiter am Institut für Massivbau.

the jury in the area of ecological sustainability. Reinforcement enables the continued use of structures and saves considerable resources compared to demolition and new construction. The courses have an interactive structure and encourage students to learn independently and comprehensively. For example, students are fictitiously assigned the task of refurbishing the KDF complex in Prora or test the material properties of an existing building component on their own.

Lohrmann Medal for Jonas Scharf

Every year, TU Dresden honors its best graduates with the Lohrmann Medal. Each faculty and the student council may each nominate one person who has not only submitted an outstanding thesis, but has performed very well throughout their studies. The rector of TU Dresden, Prof. Ursula M. Staudinger, and the prorektor for education, Prof. Michael Kobel, want to use the award to “support, encourage and motivate young talents at the beginning of their careers.”

The Civil Engineering faculty nominated Jonas Scharf for the Lohrmann Medal. In addition to his generally very good academic achievements, he completed his outstanding project and diploma thesis at our institute. He also impressed with the winning design in last year’s student bridge building competition. Not least because of his profound expertise and his dedicated way of working, Jonas Scharf has been a staff member at the Institute of Concrete Structures since November 2022.



Jonas Scharf (Mitte) wurde als bester Absolvent Bauingenieurwesen 2022 mit der Lohrmann-Medaille ausgezeichnet | Jonas Scharf (middle) was awarded the Lohrmann Medal as the best graduate in civil engineering 2022 | Photo: Oliver Killig



OTTO-MOHR- LABORATORIUM

*OTTO MOHR
LABORATORY*





Vorbereitung eines Resttragfähigkeitstests | Preparation of a test to determine the residual load-bearing capacity | Photo: Stefan Gröschel

TESTEN AUF HÖCHSTEM NIVEAU TESTING AT THE HIGHEST LEVEL

Das Otto-Mohr-Laboratorium (kurz: OML) ist eines der am modernsten und am besten ausgestatteten Versuchseinrichtungen im Bereich des Bauwesens in Sachsen. Bereits vorhandene sowie regelmäßig neu angeschaffte Maschinen und Gerätschaften sowie deren regelmäßige Prüfung und Kalibrierung garantieren einen hohen Standard bei der Prüfung und Versuchsdurchführung, und dies trotz der rasanten Entwicklung des Bausektors. Das Otto-Mohr-Laboratorium besteht als Versuchshalle des konstruktiven Ingenieurbaus seit Ende 1971. 1985 erhielt es seinen heutigen Namen. Neben Forschungs- und Entwicklungsaufgaben für die Fakultät Bauingenieurwesen der TU Dresden – und hier vorrangig für das Institut für Massivbau – werden als technischer Dienstleister für Firmen und andere Fakultäten unserer Universität sowie für auswärtige Forschungseinrichtungen Prüfungen im Bereich der zerstörungsfreien und zerstörenden Versuche durchgeführt. Darüber hinaus können wir auf langjährige Erfahrungen bei der Untersuchung von Bauwerken für öffentliche und

The Otto Mohr Laboratory (in short: OML) is one of Saxony's most modern and best-equipped laboratories in the field of construction. The testing machines and testing equipment are audited and calibrated regularly. Also, a high standard of testing is guaranteed by a steady expansion of the portfolio. The laboratory, as an experimental hall of the constructive engineers at TU Dresden, was established in the end of 1971. 1985, the laboratory received its current name "Otto Mohr Laboratory". The OML offers services to all TU Dresden institutions, especially the Institute of Concrete Structures, as well as non-university institutions and companies. The services offered include e. g., destructive and non-destructive examination of building materials or construction components. We have many years of experience in the examination of constructions on behalf of public and private organizations, institutions and associations, companies, engineers and architects, public and private clients and construction industry.

private Bauherrn, Ingenieur- und Architekturbüros oder Behörden zurückgreifen.

Neben üblichen Prüfungen, wie z. B. statische Druck- und Zugversuche an Kleinproben oder Tests an großen Bauteilen, kann das Otto-Mohr-Laboratorium auch ungewöhnliche oder neuartige Prüfbereiche des Bauwesens abdecken. Beispielhaft genannt seien die Untersuchung von Baustoffen oder Bauteilen unter Anprall- bzw. Impaktbeanspruchungen und die Schwingungsanalyse an Bauteilen, in Gebäuden oder bei Brückenbauwerken.

Ein Spezialgebiet des OML sind gutachterliche Bewertungen anhand von In-situ-Versuchen, z. B. von Stützen, Decken und Wänden in Neu- und Bestandsbauten, von historischen Gebäuden sowie an Brückenbauwerken. Gerade die Untersuchungen an Brücken gewinnen derzeit immer mehr an Bedeutung, da im Zuge der Einführung der Nachrechnungsrichtlinie die Bewertung von Bestandsbrücken mit experimentellen Methoden oder auch die Bewertung hinsichtlich der Gefahr von Spannungsrissskorrosion eine immer größere Rolle spielen.



Proben aus verschiedenen Betonen mit unterschiedlichen Geometrien für die Bestimmung von Materialkennwerten | *Samples from a variety of concretes with different geometries for the determination of material properties* | Photo: Silke Scheerer

The range of service includes common tests like static compression and tensile tests on small samples, tests on large-scale components and tests under special loading conditions like multi-axial, cyclic, long-term or impact loading.

As a special field, the Otto Mohr Laboratory carries out expert evaluations based on in-situ tests on, e. g., beams, ceilings, and walls at new, old or historical buildings and bridge structures. Here, we have special knowledge about existing bridges in the context of analysis and implementation of the German recalculation guideline using experimental methods or evaluation concerning the risk of stress corrosion cracking.



Zugversuch an einem historischen Bewehrungsstahl | *Tensile test on a historic steel reinforcement bar* | Photo: Sabine Wellner

LEISTUNGEN

SERVICES

Unser Leistungsangebot umfasst sowohl die Durchführung von standardisierten Materialprüfungen als auch die Neuentwicklung von Versuchsaufbauten für spezielle Prüfaufgaben, die nicht mit genormten Tests gelöst werden können. Wir besitzen langjährige Erfahrungen auf den Gebieten der zerstörenden und zerstörungsfreien Materialprüfungen. Ein weiterer Arbeitsschwerpunkt liegt bei Planung, Durchführung und Auswertung von experimentellen Tragfähigkeitsanalysen. Weiterhin verfügen unsere Mitarbeiter:innen über umfangreiche Erfahrungen mit Textil- und Carbonbeton. Das betrifft sowohl die Herstellung neuer Bauteile als auch die Ausführung von Verstärkungsarbeiten. Nachfolgend wurde ein Auszug aus unserem Leistungsangebot zusammengestellt.

Our range of services includes the execution of standardized material tests as well as the development of new test setups for special test tasks, which cannot be solved with standardized tests. We have many years of experience in the fields of destructive and non-destructive material testing. A further focus is on planning, carrying out and evaluating experimental load bearing capacity analyses. Furthermore, our employees have extensive experience with textile resp. carbon reinforced concrete. This applies to the production of new components as well as the execution of strengthening work. A short description of the services offered is compiled below.

Materialprüfungen an Prüfkörpern unterschiedlicher Geometrie und Beschaffenheit *Material tests on test specimens of different geometry and composition*

ZERSTÖRUNGSFREIE MATERIALPRÜFUNG (Auswahl)

NON-DESTRUCTIVE MATERIAL TESTING (selection)

- Kraft-, Verschiebungs- und Dehnungsmessung inkl. Photogrammetrie | *Measurement of forces, displacements, and strains including photogrammetry*
- Kriech- und Schwindversuche | *Creep and shrinkage tests*
- Dauerstandversuche | *Long-time tests*
- Bewehrungssuche | *Locating of steel reinforcement*

ZERSTÖRENDE MATERIALPRÜFUNG (Auswahl)

DESTRUCTIVE MATERIAL TESTING (selection)

- Tests bei statischer, zyklischer und Impaktbelastung | *Static, cyclic an impact load tests*
- Ein- und mehraxiale Druck- und Zugfestigkeit | *Uni- and multiaxial compressive and tensile strength tests*
- Elastizitätsmodul und Querdehnungszahl | *Determination of modulus of elasticity and Poisson's ratio*
- Bruchmechanische Kennwerte | *Properties for fracture mechanics*
- Verbundversuche | *Bond tests*

Dienstleistungen für die Industrie *Service for industrial partners*

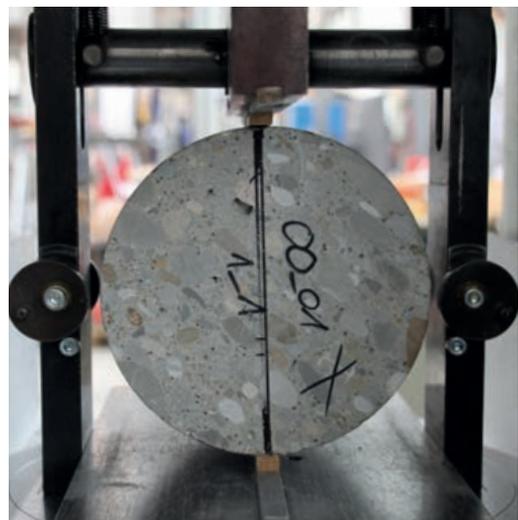
- Neuentwicklung von Versuchsaufbauten zur Prüfung von Baustoffen und Bauprodukten | *Development of special test set-ups for the testing of building materials and construction products*
- Durchführung von Forschungs- und Entwicklungsarbeiten, Technologietransfer | *Execution of research and development work, technology transfer*

In situ Versuche an Neu- und Bestandsbauten *In situ tests on new or existing buildings*

- Planung, Durchführung und gutachterliche Bewertung von experimentellen Tragfähigkeitsanalysen an Neu- und Bestandsbauten | *Planning, execution and expert assessment of experimental load bearing capacity tests on new and existing buildings*
- Bauwerks- und Bauteilprüfungen bei Schadensfällen oder geplanten Umnutzungen | *Structural and component tests in case of damage or planned reuse*



Schüler des Martin-Andersen-Nexö-Gymnasiums (MANOS) Dresden begutachten im Rahmen der alljährlich stattfindenden wissenschaftlichen Projektwoche die Bruchfläche von Beton | *Pupils from the Martin-Andersen-Nexö Gymnasium (MANOS) Dresden examine the fractured surface of concrete during the annual science project week* | Photo: Stefan Gröschel



Bestimmung der Spaltzugfestigkeit an einem Bohrkern | *Determination of the split tensile strength on a drill core* | Photo: Peter Betz

AUSSTATTUNG

EQUIPMENT

Unser Labor verfügt über eine umfangreiche Ausstattung für die Herstellung von Normalbeton und von verschiedensten Sonderbetonen mit und ohne Bewehrung. Eine Holzwerkstatt und eine Metallwerkstatt erlauben zudem die Bearbeitung anderer Werkstoffe.

Our laboratory has extensive equipment for the production of normal strength concrete and various special concrete types with and without reinforcement. Also, a wood workshop and a metal workshop allow us to work with other materials.

Aktuell stehen uns ein 126 m² großes Aufspannfeld, eine große Anzahl von Prüfportalen und Prüfzylindern unterschiedlichster Geometrie und Leistungsfähigkeit zwischen 10 kN und 10 MN und verschiedene Spezial-Prüfmaschinen zur Verfügung. Für Bauwerksprüfungen ist eine große Anzahl von Belastungsrahmen vorhanden. Wir verfügen über eine umfangreiche Mess- und Speichertechnik zur Datenerfassung, verschiedenste Messgeräte und Messmittel einschließlich Photogrammetrie und Hochgeschwindigkeitskameras.

Currently, a 126 m² clamping field, a large number of load frames and hydraulic actuators, with different geometry and capacities ranging from 10 kN up to 10 MN are available together with various special testing machines. A large number of load frames are available for testing building elements. We have a comprehensive selection of measuring devices as well as devices for data acquisition and storage, a wide range of measuring equipment including photogrammetry and high-speed cameras.



Eine vollständige Liste finden Sie unter <https://tu-dresden.de/bu/bauingenieurwesen/imb/labor/>

You can find a complete list of the equipment on <https://tu-dresden.de/bu/bauingenieurwesen/imb/labor/>

Probenherstellung

- Stahl-Standardformen und -schalungen für die üblichen Standardtests für Betone und Textil-/Carbonbeton | verschiedene Spezialformen und Sonderanfertigungen
- Mischer für Betone und Zemente, Fassungsvermögen 12–350 Liter | Geräte und Apparaturen zur Verdichtung inkl. Nadelprüfgerät und Porenvolumen-Messgerät | Klimakammern und Klimaschränke
- Ausrüstung zur Betonbearbeitung wie Betonsägen, Kernbohrgeräte, Bohrhämmer und Doppel-Planschleifmaschine

Sample production

- *Standard steel molds and formwork for standard tests on concrete and textile resp. carbon reinforced concrete | various specially shaped and custom-made molds and products*
- *Concrete and cement mixers with capacities of 12–350 liters | equipment for concrete consolidation and related measurements including needle testing and pore volume measuring device | climatic chambers and cabinets*
- *Concrete processing equipment such as concrete saws, core drilling machines, rotary hammers and double-surface grinding machine*

Aufspannfelder und Portale

- 2 Aufspannfelder mit 1,5-m-Raster und bis zu 1 MN Kapazität je Prüfportal
- Portale für die Prüfung von Einzelelementen bis zu 10 t Gewicht und 5 m Höhe möglich | mehrere Steuerpulte

Strong-floor, testing frames, attachments

- *Two strong floor testing areas with anchor points on a 1.5 m grid | up to 1 MN capacity per testing frame*
- *Frames for the testing of individual elements with weights up to 10 t and heights up to 5 m | various control stations*

Prüfmaschinen und -vorrichtungen für statische Standardtests

- Diverse Prüfmaschinen für statische Druck-, Zug- und Biegeversuche | maximale Lasten: 6 MN Druck, 1 MN Zug | variable Prüfraumhöhen bis max. 4 m lichte Einbauhöhe

Prüfmaschinen für statische und dynamische Zug-, Druck- und Biegeprüfungen

- Prüfzylinderanlage mit 1.000 kN maximale Lasthöhe
- Pulsatoranlage mit bis zu 6 Hz Lastwechselfrequenz
- Hydropulsprüfmaschine mit zwei Belastungsrahmen; Rahmen 1: statische Maximallast: 1.000 kN Druck bzw. Zug; Rahmen 2: statische Maximallast: 250 kN Druck bzw. Zug; dynamische Maximallast: jeweils 80 % vom statischen Wert
- Z 100: statische Maximallast: 100 kN Druck bzw. Zug, dynamische Maximallast: 80 kN Druck bzw. Zug
- ZD 2500: statische Maximallast: 2.500 kN Druck bzw. Zug, dynamische Maximallast: 500 kN Druck bzw. Zug

Testing machines and devices for standard static tests

- Various testing machines for compression, tensile and bending tests | maximum loads: 6 MN pressure, 1 MN tension | variable clearance heights up to 4 m

Testing machines for standard static and dynamic tension, compression, and bending tests

- Servo-hydraulic test bench with a maximum load of 1,000 kN
- Test bench for cyclic loading with up to 6 Hz load frequency
- Hydropuls testing machine with two load frames; frame 1: maximum static load: 1,000 kN compression or tension; frame 2: maximum static load: 250 kN compression or tension; maximum dynamic load: 80% of the static value
- Z 100: static load (maximum): 100 kN compression or tension, dynamic load (maximum): 80 kN compression or tension
- ZD 2500: static load (maximum): 2,500 kN compression or tension, dynamic load (maximum): 500 kN compression or tension



Im OML werden auch Sonderanfertigungen mit hoher Präzision realisiert wie hier die Schalung für eine Carbonbetonschale | *In the OML, special constructions are also realised with high precision – here the formwork for a carbon reinforced concrete shell* | Photo: Silke Scheerer

Spezielle Prüfmaschinen

- Triaxialprüfmaschine: Lasten bis 500 kN Zug oder 5.000 kN Druck je Achse | Lasteinleitung mit starren Platten oder Belastungsbürsten unterschiedlicher Geometrie | Prüfkörpergröße, Standard: 10er Würfel, max. 30er Würfel
- Biaxial-Prüfmaschine: max. 90 kN Zug je Achse
- Triaxialzelle: vertikal max. 125 kN Druck, radial max. 5 MPa | zylindrische Proben mit $\varnothing = 2,54$ cm und $h = 5,08$ cm | Temperaturen bis 150 °C möglich
- Horizontaler 20-MN-Belastungsrahmen: Maximallast: derzeit 10 MN (auf 20 MN aufrüstbar) | 5,0 m maximale Prüflänge (freie Länge) bei Druck- und bis zu 7,50 m bei Zugversuchen
- 10-MN-Bauteilprüfmaschine: Prüfkörpergröße bis 2,5 m Breite, 15 m Spannweite, 3,7 m Höhe | derzeit 60 t maximales Probengewicht (auf 120 t aufrüstbar)
- Split-Hopkinson-Bar für hochdynamische Belastungsversuche: maximale Belastungsgeschwindigkeit: 35 m/s | zylindrische Prüfkörper mit $\varnothing = 50$ mm und $l_{\max} = 150$ mm bei Druck- und $l_{\max} \geq 200$ mm bei Spallationsversuchen | kinetische Energie des Impaktors: bis zu 1,8 kJ
- Zweiaxialer Split-Hopkinson-Bar für hochdynamische Belastungsversuche: maximale Belastungsgeschwindigkeit: 35 m/s | Prüfkörper: 60 mm × 60 mm × 60 mm | kinetische Energie des Impaktors: je Achse bis zu 1,8 kJ
- Kleiner Fallgewichtsversuchsstand: 5,0 m maximale Fallhöhe | 49,1 kg maximales Fallgewicht
- Großer Fallversuchsstand (Fallturm) mit Fallschlitten- und Beschleunigungssystem: $H_{\max} = 11,0$ m; Fallschlittensystem: maximales Fallgewicht 2.500 kg, maximale Impact-Geschwindigkeit bis 15 m/s | Beschleunigungssystem: maximales Fallgewicht 100 kg, maximale Impact-Geschwindigkeit von 6 m/s bis 250 m/s
- Versuchsstände für den Test von Platten und Fassaden (bis 2,4 m × 2,4 m) | Kriechstände | Ausstattung für Tests mit variabler Temperaturbeanspruchung

Special testing machines

- *Triaxial testing machine: loads up to 500 kN in tension or 5,000 kN in compression per axle | loads can be introduced using rigid plates or load-bearing brushes of different geometries | test specimen: cubes with 10 cm edge length (standard), max. 30 cm cubes*
- *Biaxial testing machine: max. 90 kN tension per axle*
- *Triaxial cell: 125 kN maximum vertical compression and up to 5 MPa radial pressure | specimen: cylindrical samples with a diameter of 2.54 cm and a height of 5.08 cm | heating up to 150 °C possible*
- *Horizontal 20 MN load frame: 10 MN current maximum load (can be upgraded to 20 MN) | maximum (free) test length: 5 m for compression tests and up to 7.50 m for tensile tests*
- *10 MN testing machine: specimen sizes up to 2.5 m width, 15 m span, 3.7 m height | currently maximum weight of specimens: 60 t (can be upgraded to 120 t)*
- *Split-Hopkinson bar for high-dynamic load tests: maximum load rate of 35 m/s | for testing cylindrical test specimens with $\varnothing = 50$ mm and ≤ 150 mm length for compression tests resp. ≤ 200 mm length for spallation tests | kinetic energy of the impactor can reach up to 1.8 kJ*
- *Biaxial split-Hopkinson bar for high-dynamic load tests: maximum load rate: 35 m/s | test specimen: 60 mm × 60 mm × 60 mm | kinetic energy of the impactor: up to 1.8 kJ per axle*
- *Small drop weight test stand: 5.0 m maximum fall height | 49.1 kg maximum drop weight*
- *Large drop test rig (drop tower): 11 m maximum drop height | free falling impactors: maximum drop weight 2,500 kg, max. velocity: 15 m/s | with acceleration system: maximum drop weight 100 kg and velocity from 6 m/s up to 250 m/s*
- *Test rigs for testing panels and facades (up to 2.4 m × 2.4 m) | creep test bed | equipment for tests with variable temperatures is available*

Ausrüstung für Bauwerksprüfungen

- Verschiedene Belastungsrahmen für In-situ-Prüfungen an Brücken, Decken, Stützen, Masten, Geländern etc.
- Ultraschallmessgerät | Profometer 3 (Bewehrungsartung) | (Video-)Endoskopie Rückprallhammer | Ausrüstung zur Entnahme von Bohrkernen

Messtechnik

- Messdatenerfassung mittels verschiedener Messverstärker wie MGC, MGCplus, Quantum MX840 und Spider 8 | Vielstellenmessgerät: UPM100 | Transientenrekorder für Messungen bei Hochgeschwindigkeitsversuchen | Geräte zur Fernüberwachung von Messungen | AOS-Messgerät für Faser-Bragg-Gitter-Sensoren | Luna-ODISI 6108 für Messung von kontinuierlichen faseroptischen Sensoren
- Besondere Kameras: Hochgeschwindigkeitskameras Photron Fastcam SA5
- Nahbereichsphotogrammetrie: AICON-3D-System mit vier Kameras und Zubehör | GOM ARAMIS 3D- und 2D-System mit Kameras von 5 MP und 12 MP, auch mit Hochgeschwindigkeitskameras und externen Bildserien nutzbar
- Verschiedenste Kraftmessdosen bis 10.000 kN
- Übliche Messmittel | Beschleunigungsaufnehmer, dynamische Kraftsensoren, Extensometer | Thermolemente und Feuchte Sensoren | Luftfeuchte) und Anemometer | Seilzug Sensoren | Laservibrometer für berührungslose Weg- und Geschwindigkeitsmessung über große Distanzen | Datenlogger
- Geräte für Vermessungsarbeiten inkl. Neigungssensor und Inclinometer | mechanische Längenmessgeräte etc.

Sonstige Ausrüstung

- Brückenkrane in den Laborgebäuden | Gabelstapler (Tragkraft: 3,5 t) | Schwerlastwagen bis 60 t Tragkraft | Geräte zum Anheben und Verschieben von bautechnisch relevanten Lasten bis 120 t durch Einsatz hydraulischer Hebeteknik
- Schweißerausrüstung (elektro, autogen) | mobile Druckölaggregate | Sandstrahl- aggregat

Equipment for in-situ tests of structures

- Various load frames for in-situ tests on bridges, ceilings, columns, masts, railings, etc.
- Ultrasonic measuring device | reinforcement detector (Profometer 3) | (video) endoscopy | rebound hammer | equipment for taking drill cores

Measuring technique

- Data collecting using various measuring amplifiers such as MGC, MGCplus, Quantum MX840 and Spider 8 | UPM100 | transient recorder for measurements in high-speed tests | devices for remote monitoring of measurements | AOS measuring device for fiber Bragg grating sensors | Luna-ODISI 6108 for measurement of continuous fiber optic sensors
- Special cameras: high-speed cameras Photron Fastcam SA5
- Close-range photogrammetry: AICON 3D system with four cameras and accessories | GOM ARAMIS 3D & 2D with 5 MP and 12 MP cameras, also usable with highspeed cameras and external picture series
- Various force measuring devices up to 10,000 kN
- Standard measuring instruments | accelerometers, dynamic force sensors, extensometers | thermocouples and humidity sensors and anemometers | tension cable sensors | laser vibrometer | data logger
- Devices for surveying work including inclination sensor and inclinometer | mechanical length measuring devices, etc.

Other equipment

- Lift cranes within the laboratory facilities | forklift with a lifting capacity of 3.5 t | strong-wagons with load carrying capacity up to 60 t | hydraulic lifting technology devices for lifting and moving elements with typical construction weights of up to 120 t
- Welding equipment (electrical and auto-genous) | mobile oil pressure aggregates | sandblasting unit



Triaxialprüfmaschine (links) und Betonwürfel mit faseroptischem Sensor umgeben von Belastungsbürsten (rechts) | Triaxial testing machine (left) and concrete cubic with embedded fiber optic sensor surrounded by load introduction brushes (right) | Photos: Stefan Gröschel

IM FOKUS: TRIAXIALPRÜFMASCHINE

IN THE FOCUS: TRIAXIAL TESTING MACHINE

Mit der Triaxialprüfmaschine, kurz „Triax“, der ältesten Prüfmaschine im Otto-Mohr-Laboratorium, können Lasten in allen drei Raumrichtungen in einen Probekörper eingeleitet werden. Sie wurde Anfang der 1970er Jahre konstruiert und gehört weltweit zu einer der wenigen ihrer Art. Sie besteht aus einem ca. 16 t schweren Stahlgusskörper, der alle drei Belastungsachsen umschließt.

Je Belastungsachse ist ein Hydraulikzylinder mit einer Lastkapazität von 5.000 kN Druck bzw. 500 kN Zug angeordnet, wodurch sie auch für die Untersuchung (ultra-)hochfester Betone geeignet ist. Die Zylinder können einzeln angesteuert und kraft- oder weggesteuert gefahren werden. Mit der Prüfmaschine können ein-, zwei- und dreiaxiale Druck-, Zug- oder Druck-Zug-Kombinationen in eine Probe eingeleitet werden. Es sind verschiedene Lasteinleitungsmittel vorhanden. Bevorzugt werden Belastungsbürsten aus hochfestem Stahl eingesetzt, da diese die Querdehnung der Proben wesentlich weniger behindern als starre Lasteinleitungsplatten. Standardproben für mehraxiale Druckversuche sind Würfel mit 10 cm Kantenlänge. Bei scheiben-

With the triaxial testing machine, in short: “Triax”, loads can be introduced into a test specimen in all three spatial directions. The Triax is the oldest testing machine in the Otto Mohr Laboratory. It was constructed in the early 1970s and is one of the few of its kind in the world. The machine consists of a cast steel body weighing approx. 16 t, which encloses all three loading axes.

Each loading axis is equipped with a hydraulic cylinder having a load capacity of 5,000 kN pressure or 500 kN tension, which also allows the investigation of (ultra) high-strength concretes. The cylinders can be controlled individually. Both force and displacement control are possible. The testing machine can be used to apply one-, two- and three-axial compression as well as compression-tension or tension-tension combinations to a specimen. Various load introduction devices are available. Brushes made of high-strength steel are preferably used as these hinder the transverse extension of the specimens much less than rigid load introduction plates. Standard specimens for multi-axial compression tests are cubes with 10 cm edge length. For disc-shape specimens for uniaxial and

artigen Proben für ein- und zweiachiale Belastungen sind Kantenlängen von $20 \times 20 \times 4$ cm möglich. Die Proben können aus reinem Beton oder bewehrt ausgeführt sein. Für die Einleitung von Zugkräften in Bewehrungen sind i. d. R. spezielle Lasteinleitungsstrukturen zu entwickeln.

Die Messtechnik ist v. a. bei dreiaxialen Tests eine Herausforderung. Wie kann man Verformungen an einem Probekörper aufnehmen, der auf allen Seiten von Lasteinleitungsmitteln bedeckt ist? Die Vorzugslösung sind einbetonierte faseroptische Sensoren, die die Verformungen im Innern des Probekörpers erfassen. Hinzu kommen induktive Wegaufnehmer, die die Querverformung der Stahlborsten der Belastungsbürsten während der Belastung aufzeichnen.

Bei ein- und zweiachialen Tests ist die messtechnische Erfassung von Probekörperdeformationen mit mehreren weiteren Methoden möglich. Da zwei oder vier Seiten der Probekörper unbelastet sind, können Verformungen mit Dehnmessstreifen, Wegaufnehmern und optisch mit einem photogrammetrischen Messsystem (GOM) erfasst werden. Durch den Einsatz von sich teilweise ergänzenden Messtechniken kann ein ganzheitliches Trag- und Versagensverhalten des Probekörpers ermittelt und Rissbildungsprozesse dokumentiert werden.

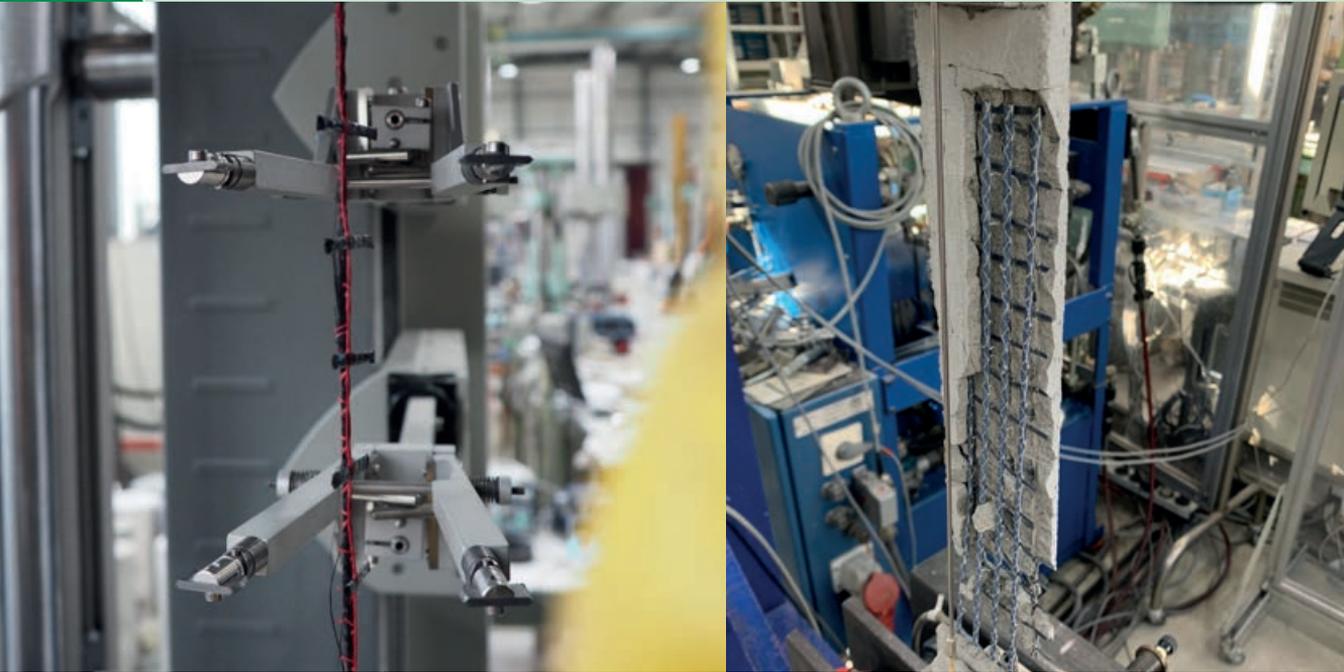
biaxial loading, edge lengths of $20 \times 20 \times 4$ cm are possible. The specimens can be made of pure concrete, but also with reinforcement. For the introduction of tensile forces into reinforcements, special load introduction constructions usually have to be developed.

The measurement technique, especially for tri-axial tests, is a challenge. How can you record deformations on a test specimen that is covered on all sides by load introduction devices? The preferred solution are embedded fibre-optic sensors that record the deformations inside the specimen. In addition, inductive displacement transducers are used to measure the transverse deformation of the steel bristles of the load brushes during loading.

The metrological recording of deformations is possible with several other methods if the test specimens are only subjected to uniaxial or biaxial loading. Since two or four sides of the specimen are then unloaded, the deformations can be recorded with strain gauges, displacement transducers and also optically with a photogrammetric measuring system (GOM). By using partly complementary measuring techniques, a holistic load-bearing and failure behavior of the test specimen can be determined and crack formation processes can be documented.

Technische Informationen | *Technical information*

Maximale statische Prüflast <i>Maximum static test load</i>	Druck <i>Compression</i>	5.000 kN
	Zug <i>Tension</i>	500 kN
Maximale Kolbengeschwindigkeit <i>Maximum piston speed</i>	1 Zylinder <i>Cylinder</i>	190 mm/min
	2 Zylinder <i>Cylinders</i>	95 mm/min
	3 Zylinder <i>Cylinders</i>	63 mm/min
Maximaler Maschinenweg je Achse <i>Maximal lift of the hydraulic cylinder per axis</i>		100 mm
Zubehör <i>Accessoires</i>		
<ul style="list-style-type: none"> ■ Belastungsbürsten mit quadratischem und rechteckigem Querschnitt, Stempelsystem und starre Lasteinleitungsplatten <i>Load brushes with square and rectangular cross-section, stamping system and rigid load application plates</i> ■ Adapter für Zugproben <i>Adapters for tensile specimens</i> ■ Kombinierbar mit verschiedensten Messmitteln wie Wegaufnehmer, Dehnmessstreifen, Faseroptik, Photogrammetrie mit 12-MP-Kameras und GOM-ARAMIS-Software <i>Combinable with a wide variety of measuring devices such as displacement transducers, strain gauges, fiber optics, photogrammetry with 12 MP cameras and GOM-ARAMIS software</i> 		



Faserstrangzugversuch (links) und Probekörper nach Bruch im Übergreifungsversuch (rechts) | Yarn tensile test (left) and sample after fracture in the overlap test (right) | Photos: Michael Liebe (left), Karoline Holz (right)



NEUER NAME – NEUE PRODUKTE – NEUER INHABER

NEW PRODUCT – NEW NAME – NEW OWNER

Mit der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung/allgemeinen Bauartgenehmigung (abZ/abG) Z-31.10-182 wird das CARBOrefit®-Verfahren zum Verstärken mit dem Werkstoff Carbonbeton durch die oberste deutsche Baubehörde, das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt), geregelt. Nach Ablauf der vorangegangenen TUDALIT-Zulassung wurde durch den neuen Inhaber der Zulassung, die CARBOCON GmbH, die Zulassung verlängert und in CARBOrefit® umbenannt. Des Weiteren wurde ein Konsortium gebildet, welches sich gemeinsam um die Erweiterung und Weiterführung der Zulassung kümmert.

Das Otto-Mohr-Laboratorium (OML) ist durch seine umfassende Versuchstätigkeit indirekt an der Zulassung beteiligt. Eine Vielzahl der neuen Bewehrungsmaterialien wurde im Zuge der Zulassungserweiterung im OML geprüft. Im Rahmen der Weiterführung und Vergrößerung des Anwendungsgebietes werden die

The CARBOrefit® process for strengthening with the material carbon reinforced concrete is regulated by the highest German building authority – the “Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt)” – with the general building authority approval/general component type approval (abZ/abG) Z-31.10-182. After the expiry of the previous TUDALIT® approval, the approval was extended by the new holder, CARBOCON GmbH, and re-named to CARBOrefit®. Furthermore, a consortium was formed, which takes care of the extension and further continuation of the approval.

The Otto Mohr Laboratory (OML) of Technische Universität Dresden is indirectly involved in the approval because of the extensive testing activities. A large number of the new reinforcement materials were tested in the OML in the course of the approval extension. As part of the continuation and expansion of the possibilities of application, the components of the approval will also be further developed in the future in

zugelassenen Bausatzkomponenten auch zukünftig in Kooperation zwischen dem Konsortium und dem OML weiterentwickelt. Aktuell durchgeführte Versuche an den Bewehrungsmaterialien dienen dem Nachweis der Anwendung unter verschiedenen Umwelteinflüssen. Beispielsweise ist die Anwendung der Chlorid- und Meersalz-Expositionsklassen unreguliert und deren Einfluss auf die Zugfestigkeit der Faserstränge teilweise noch unbekannt. Hierfür führen wir Zugversuche an verschiedenen Fasersträngen nach entsprechenden Medienlagerungen durch und vergleichen diese mit vorher geprüften Referenzproben. Die spezifische Probenlagerung erfolgt am Institut für Baustoffe (IfB) der TU Dresden.

Im Weiteren unterstützen wir die Bewehrungshersteller bei ihren Eigenüberwachungen und prüfen die produzierten Gitter gemäß den Zulassungsvorgaben. Im Rahmen der werkseitigen Produktionskontrolle werden dabei Faserstranzugversuche, Zugversuche am Dehnkörper, Verbundversuche im Übergreifungsversuch und Prismenprüfungen zur Ermittlung der Betonkennwerte durchgeführt. Hierbei wird überprüft, ob die Bewehrungen die CARBOrefit®-Qualitätsstandards erfüllen und entsprechend der Zulassung angewendet werden dürfen. So können schon vor der Anwendung eventuelle Mängel erkannt und behoben werden.



Biegezugversuch an einem Feinbetonprisma | Bending tensile test on a fine-grained concrete prism | Photo: Karoline Holz

cooperation between the consortium of the approval and the OML. Tests currently being carried out on the reinforcement materials serve to demonstrate their possibility under various environmental influences. For example, the characteristics of the material exposed to chloride and sea salt is unregulated and their influence on the tensile strength of the yarns is still partly unknown. For this purpose, we perform tensile tests on different fiber strands after appropriate media storage and compare them with previously tested reference samples. In this project, the special storage is carried out at the Institute of Construction Materials (IfB) of the Technische Universität Dresden.

Furthermore, we support the reinforcement manufacturers in their self-monitoring and test the produced meshes according to the approval's specifications. Within the scope of factory production control, yarn tensile tests, tensile tests on composite specimens, bond tests on the overlap specimens and prism tests are carried out to determine the characteristic values of single and composite materials. These tests verify whether the reinforcements meet the CARBOrefit® quality standards and may be used in accordance with the approval. In this way, any deficiencies can be identified and eliminated even before application.

- ▶ **Titel | Title**
CARBOrefit® Verstärken mit Carbonbeton
CARBOrefit® Strengthening with carbon reinforced concrete
- ▶ **Auftraggeber | Client**
CARBOCON GmbH, Dresden
- ▶ **Zeitraum | Period**
Seit 06/2021 (fortlaufend)
- ▶ **Projektleiter | Project manager**
Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach
- ▶ **Bearbeiterin | Contributor**
Dr.-Ing. Karoline Holz
- ▶ **Versuchsdurchführung | Test execution**
Doreen Sonntag
Michael Liebe
Andreas Thieme
Maik Patricny
Jens Hohensee
Mario Polke-Schminke



Historischer Polonceau-Binder in der Remise des Parks Sanssouci | *Historic Polonceau truss in the remise of Sanssouci Park* | Photo: Sabine Wellner

IN-SITU-TEST EINES POLONCEAU-BINDERS

LOAD TEST OF A POLONCEAU TRUSS

Die Remise an der Historischen Mühle im Park Sanssouci in Potsdam soll als Teil des neuen Besucherzentrums ausgebaut werden. Ursprünglich wurde sie 1861/62 durch Ludwig Ferdinand Hesse im Auftrag von König Friedrich Wilhelm IV. als mehrteilige Halle zur Unterbringung von Wagen und Kutschen erbaut. Eine Besonderheit sind die fünf Polonceau- oder Wiegmann-Binder, welche die Halle in Querrichtung über die lichte Weite von rd. 9,5 m überspannen.

Im Zuge der Umbauplanung hatte die Untersuchung des zuständigen Statikers ergeben, dass das Gebäude aus konstruktiver Sicht generell für die geplante Nutzung gut geeignet ist. Als problematisch wurde jedoch gesehen, dass das historische Dachtragwerk Lasten durch eine schwere Schiefer-Doppeldeckung gemäß denkmalpflegerischem Konzept, eine PV-Anlage sowie eine zusätzliche Dämmebene einschließlich Schalung abzutragen hat. Diese zusätzlichen Lasten übersteigen das Gesamtgewicht der im Bestand vorhandenen Einfach-Schieferdeckung bzw. einer Blechdeckung deutlich. Das Dachtragwerk aus Pfetten und Polonceau-Bindern war rechnerisch bzw. über Lastvergleiche nicht nachweisbar, sodass die Tragfähigkeit experimentell durch Probelastung ermittelt werden sollte.

The depot at the historic mill in Sanssouci Park in Potsdam is to be expanded as part of the new visitor's center. The depot was originally built in 1861/62 by Ludwig Ferdinand Hesse on behalf of King Friedrich Wilhelm IV as a multi-part hall for storing wagons and carriages. The special feature of this depot are five Polonceau or Wiegmann trusses which span the hall in the transverse direction over the clear width of around 9.5 m.

The structural analysis by the project engineer has shown that the building is generally well suited for the planned use from a structural point of view. However, it was seen as problematic that the historic roof structure has to bear loads due to a heavy slate double roofing in accordance with the monument preservation concept, a PV system as well as an additional insulation level including panelling. These additional loads significantly exceed the total weight of the existing single slate roofing or sheet metal roofing. Therefore, the roof structure consisting of purlins and Polonceau trusses could not be verified mathematically or via load comparisons, so that the load-bearing capacity should be determined experimentally by means of an in situ load test.

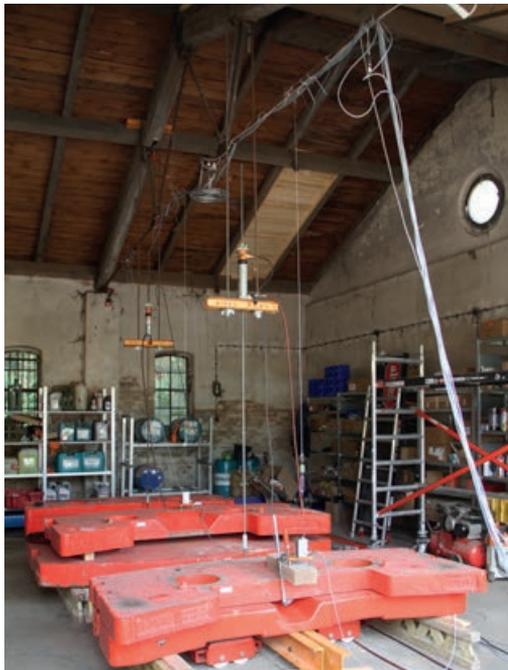
The load test was carried out on a truss that had been already been renovated as a sample in terms of wood technology. Thus, load-bearing

Die Probelastung erfolgte an einem Binder, der zuvor bereits holztechnisch saniert worden war, wodurch Tragreserven gegenüber dem unsanierten Zustand berücksichtigt werden konnten. Man erwartete Rückschlüsse zu den aufnehmbaren Lasten und Anhaltspunkte für eventuell denkmalverträgliche Verstärkungen des Bindersystems.

Das Tragwerk konnte die angestrebte Belastung ohne negative Reaktionen aufnehmen. Lediglich eine minimale Differenz ergab sich bei der Versuchszielast. Statt der angestrebten 62 kN wurden nur ~ 61 kN erreicht. Grund war, dass es bei dieser Lasthöhe zum Anheben eines der seitlichen Widerlager aus Kranballast kam. Dadurch konnte die Last nicht weiter gesteigert werden. Es ist jedoch davon auszugehen, dass der Binder die verbleibende Differenz problemlos ertragen hätte, da er bis zu diesem Punkt keinerlei kritische Reaktionen gezeigt hatte. Im Gegenteil, er hatte den mehrmaligen Versuch, die Ziellast anzufahren, ohne nennenswerte Verformungszunahmen ertragen. Weiterhin wurde nachgewiesen, dass die holztechnologische Sanierung in der jetzigen Form wirksam ist und somit in dieser Art ausgeführt werden kann.

reserves could be taken into account compared to the unrestored condition. Conclusions were expected about the loads that could be carried and indications for possible strengthening of the binder system that would be compatible with the preservation of monuments.

All intended loads were successfully introduced into the structure, which absorbed these loads without any negative reactions. There was only a minimal difference in the test target load. Instead of the desired 62 kN only around 61 kN could be achieved. At this loading, one of the side abutments realised by crane ballast was lifted. As a result, no further load increase could be achieved from this point on. However, it can be assumed that the truss would have withstood the existing difference of 1 kN without any problems, as it did not show any critical reactions up to this load. On the contrary, it endured repeated attempts to reach the target load without any appreciable increases in deformation. Furthermore, it was demonstrated that the wood technological renovation is effective in its current state, and can therefore be carried out in this way.



Versuchsaufbau | Test set-up | Photo: Sabine Wellner

- ▶ **Titel | Title**
Belastungstest an einem Polonceau-Binder im Park Sanssouci
Load test of a Polonceau truss in Sanssouci Park
- ▶ **Auftraggeber | Client**
Stiftung Preußische Schlösser und Gärten, Berlin-Brandenburg, Potsdam
- ▶ **Zeitraum | Period**
09/2022 – 11/2022
- ▶ **Projektleiter | Project manager**
Dr.-Ing. Torsten Hampel
- ▶ **Team | Team**
Dr.-Ing. Torsten Hampel
Dipl.-Ing. (FH) Sabine Wellner
Bernd Wehner
Heiko Wachtel
- ▶ **Projektpartner | Project partner**
Brandenburger Montage und Kranservice GmbH (BMK), Potsdam



Talbrücke Unterrieden während des Taktschiebens des Ersatzneubaus (links) neben dem bestehenden Überbau (rechts) | Unterrieden viaduct during incremental launching of the new superstructure (left) next to the old one (right) | Photo: Christina Fritsch (MKP)

MATERIALUNTERSUCHUNGEN BEIM RÜCKBAU

MATERIAL INVESTIGATIONS DURING DISMANTLING

Aufgrund rechnerischer Defizite bei der Bewertung bestehender Brückenbauwerke werden aktuell viele Brücken durch Neubauten ersetzt. Damit einher geht stets der Rückbau der Bestandsbauwerke, für deren vielfältige Bauzustände noch keine geregelten Nachweiskonzepte existieren. Darüber hinaus fehlen häufig Informationen zum tatsächlichen Zustand des Bauwerks, weshalb die Planung des Rückbaus auf Basis von Bestandsunterlagen und Annahmen erfolgen muss. Um diese Unsicherheiten zu umgehen, empfiehlt es sich, Bestandsuntersuchungen für eine realistischere Bewertung des Tragwerks durchzuführen.

Eine dieser Rückbaumaßnahmen betrifft die Talbrücke Unterrieden, eine Autobahnbrücke im Zuge der BAB A 6 zwischen Nürnberg und Amberg. Die Brücke ist ein für die 1960er Jahre typisches Spannbetonbauwerk. In ihr wurden spannungsrissskorrosionsgefährdete Spannstähle verbaut, weshalb die Tragfähigkeit des Bauwerks nicht mehr gewährleistet werden

Due to arithmetic deficits in the assessment of existing bridge structures, many bridges are currently being replaced by new structures. This is always accompanied by the dismantling of existing structures, for which no regulated verification concepts exist considering the various stages of deconstruction. In addition, there is often a lack of information on the actual condition of the structure, which is why the planning of the deconstruction has to be based on existing documents and assumptions. In order to avoid these uncertainties, it is advisable to carry out investigations for a more realistic assessment of the structure.

One of these deconstruction measures concerns the Unterrieden viaduct, a bridge on the highway BAB A 6 between Nuremberg and Amberg. It is a prestressed concrete superstructure typical for the 1960s. During the construction of the bridge, prestressing steel susceptible to stress corrosion cracking was used, which is why the load-bearing capacity of the structure could no

konnte. Im Rahmen eines den Rückbau begleitenden Forschungsprojekts wird mit umfangreichen Bestandsuntersuchungen eine Optimierung von Bestands- und insbesondere Rückbauplanungen angestrebt.

Wesentlicher Bestandteil der Untersuchungen ist der Vergleich verschiedener Verfahren zur Erfassung der Bestandsgeometrie wie Laserscanning und Photogrammetrie hinsichtlich des Aufwands und der Qualität der gewonnenen datenbasierten Modelle. Weiterhin werden die Betoneigenschaften mit unterschiedlichen Prüfmethoden detailliert untersucht. Zum einen werden zerstörend Bohrkerne entnommen. Ergänzend dazu kommen zerstörungsfreie Methoden zur Anwendung. Erfasst werden Ultraschalllaufzeiten und Rückprallhammerwerte, die hinsichtlich ihrer Korrelation zu den Bohrkernergebnissen analysiert werden. Diese Datenbasis soll Empfehlungen für einen statistisch abgesicherten Untersuchungsumfang ermöglichen. Ein weiterer Hauptfokus liegt auf der nachträglichen Verankerung von durchtrennten Spanngliedern. Voraussetzung dafür ist einerseits ein ausreichender Verpresszustand der Spannglieder, andererseits muss der Beton die auftretenden Querspannungen aufnehmen können.

Die systematische Bewertung und Analyse der beschriebenen Untersuchungen bilden eine wichtige Grundlage für die Regelungen in einer zu erarbeitenden Rückbaurichtlinie.



Bohrkernentnahme im Hohlkasten des Bestandsbauwerks | Drill core extraction in the hollow box of the existing structure | Photo: Peter Betz

longer be guaranteed. Within a research project accompanying the deconstruction, our aim is to optimise the planning for existing structures and, in particular, for the deconstruction by means of extensive as-built investigations.

As an essential part of the investigations, we will compare different methods for recording the as-built geometry, e.g. laser scanning and photogrammetry, with regard to the effort and the quality of the data-based models obtained. Furthermore, the concrete properties are examined in detail using different testing methods. On the one hand, drill cores are taken destructively. In addition, non-destructive methods are used. Ultrasonic run times and rebound hammer values are recorded which we'll analyse with regard to their correlation to the results of the drilling cores. This database should enable us to make recommendations for a statistically validated scope of investigation. Another main focus is on the subsequent anchorage of cut tendons. The prerequisite for this is, on the one hand, a sufficient grouting of the tendons and, on the other hand, the concrete must be able to absorb the transverse tensile stresses that occur.

The systematic evaluation and analysis of the described investigations form an important basis for the regulations in a dismantling guideline to be developed.

► **Titel | Title**

Erfahrungssammlung für den Brückenrückbau durch Materialuntersuchungen an der Talbrücke Unterrieden
Gathering experience for bridge dismantling through material investigations at the Unterrieden viaduct

► **Auftraggeber | Client**

MKP GmbH, Weimar (gefördert durch die Autobahn GmbH des Bundes, Niederlassung Nordbayern, Nürnberg)

► **Zeitraum | Period**

Seit 06/2022

► **Projektleiter | Project manager**

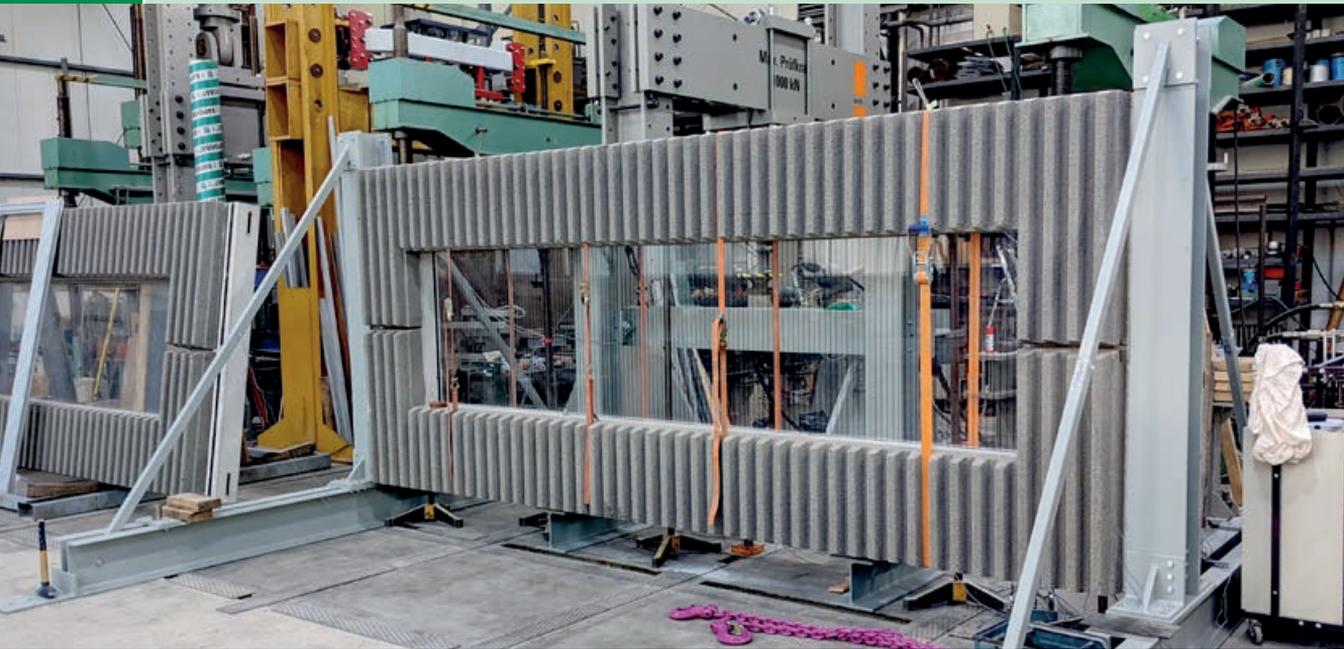
Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx

► **Team | Team**

Dipl.-Ing. Peter Betz, Dipl.-Ing. Daniel Gebauer, Dipl.-Ing. (FH) Sabine Wellner, René Wallschläger, Bernd Wehner, Andreas Thieme, Doreen Sonntag, Michael Liebe

► **Projektpartner | Project partners**

MKP GmbH, Weimar | Adam Hörnig Baugesellschaft mbH & Co. KG, Aschaffenburg



Lärmschutzwandelement im Versuchsstand | Noise barrier element in the test setup | Photo: Dennis Birkner

LÄRMSCHUTZWANDELEMENTE IM TEST

TESTS ON NOISE BARRIER ELEMENTS

Im Rahmen der Beantragung einer Zulassung beim Eisenbahn-Bundesamt (EBA) für Lärmschutzwandelemente mit transparenten Einfassungen an Hochgeschwindigkeitsstrecken der Deutschen Bahn wurde das Institut für Massivbau der Technischen Universität Dresden von der Firma EUDUR-Bau GmbH & Co. KG mit den hierfür notwendigen experimentellen Untersuchungen als Grundlage für die Beurteilung der Wandelemente beauftragt.

Die wesentliche Beanspruchung der Wandelemente entsteht aus der Druck-Sog-Einwirkung aus dem Zugverkehr. Mit zunehmender Geschwindigkeit der Züge nimmt der zugehörige dynamische Überhöhungsfaktor überproportional zu, sodass daraus, in Verbindung mit sehr hohen Lastwechselzahlen, zu berücksichtigende ermüdungswirksame Beanspruchungen entstehen. Die rechnerischen Nachweise gegen Ermüdung sind für Stahlbetonbauteile grundsätzlich nach DIN-Fachbericht 102 zu führen. Allerdings ist dies im vorliegenden Fall nicht für alle erforderlichen Nachweise möglich. Daher wurde im Vorfeld mit dem

As part of the application to the German Federal Railway Authority (EBA) for approval of noise barrier elements with transparent enclosures on high-speed railroad lines, the Institute of Concrete Structures of Technische Universität Dresden was commissioned by the company EUDUR-Bau GmbH & Co. KG. to carry out the necessary experimental investigations as a basis for the evaluation of the wall elements.

The significant loads on such noise protection wall elements result from the compression-suction effect of the train traffic. The associated dynamic factor increases disproportionately with increasing train speeds so that, in combination with very high numbers of load cycles, this results in fatigue loads that must be considered. The analytical verifications of fatigue for reinforced concrete components are generally to be carried out in accordance with DIN Technical Report 102. However, in the present case this is not possible for all required verifications. Therefore, a test program was coordinated in advance with the engineering office of Prof. Dr.-Ing. Robert Hertle in order to provide ver-

Ingenieurbüro Prof. Dr.-Ing. Robert Hertle ein Versuchsprogramm abgestimmt, um den Nachweis für die Eignung der EUDUR-Wandelemente für den vorgesehenen Verwendungszweck zu erbringen.

Im Otto-Mohr-Laboratorium wurden Versuche an kompletten Wandelementen durchgeführt. Neben einer statischen Prüfung bis zum Biegeversagen waren dies Eigenfrequenzuntersuchungen im ungeschädigten und gerissenen Zustand sowie ein Dauerschwingversuch, bei dem ein Wandelement der maßgebenden Druck-Sog-Einwirkung aus dem Zugverkehr für fünf Millionen Lastwechsel ausgesetzt war. Für die möglichst gleichmäßige Einleitung der erforderlichen Kräfte wurden spezielle Lastverteilungskonstruktionen entworfen. Für den statischen Versuch bestand diese aus gelenkig verbundenen Stahlprofilen und für den Ermüdungsversuch aus einer Aluminiumkonstruktion, die zur beidseitigen Einleitung der Wechsellast um das Wandelement herumreichte.

Die systematische Auswertung der Bauteiltests ist zusammen mit begleitend durchgeführten Kleinteilversuchen und analytischen und numerischen Nachrechnungen die Grundlage für die Zulassung des Wandelements.

ification of the suitability of the EUDUR wall elements for the intended use.

Tests on full wall elements were carried out in the Otto Mohr Laboratory as part of the test program. These included a static test up to bending failure, natural frequency tests in the undamaged and in the cracked state, and a fatigue test in which a wall element was subjected to the decisive compression-suction load from train traffic for five million load cycles. In order to apply the required forces as evenly as possible to the wall elements, appropriate load distribution structures were designed. For the static test, the construction consisted of hinged connected steel profiles and, for the fatigue test, of an aluminum structure that surrounded the wall element for the application of the alternating load on both sides.

Together with accompanying small component tests and analytical and numerical verifications, the systematic evaluation of the tests carried out provide the basis for the technical approval of the wall element.



Lastverteilungskonstruktion des statischen Versuchs auf der Rückseite des Wandelements | Load distribution construction for the static test on the rear side of the element | Photo: Dennis Birkner

► **Titel | Title**

Experimentelle Untersuchungen zur Tragfähigkeit und Ermüdungsfestigkeit von Lärmschutzwandelementen

Experimental investigations on the load bearing capacity and fatigue resistance of noise barrier elements

► **Auftraggeber | Client**

EUDUR-Bau GmbH & Co. KG, Herzebrock-Clarholz

► **Zeitraum | Period**

Seit 03/2021

► **Projektleiter | Project manager**

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach

► **Team | Team**

Dennis Birkner, M.Sc.
Dipl.-Ing. Clara Schramm
Dr.-Ing. Torsten Hampel
Dipl.-Ing. (FH) Sabine Wellner
Tino Jänke
Heiko Wachtel
Bernd Wehner

► **Projektpartner | Project partner**

Ingenieurbüro Prof. Dr.-Ing. Robert Hertle, Gräfelting



DAS INSTITUT

„Große Erfolge geschehen nur, wenn große Erwartungen gestellt werden.“

Charles F. Kettering, amerikanischer Erfinder und Ingenieur

Forschung und Lehre stehen im Vordergrund unserer Arbeit. Das Gesamtbild unseres Instituts umfasst aber noch viel mehr. Mit unseren Studierenden unternehmen wir Exkursionen und zur Berufsorientierung fördern wir den Nachwuchs in Schülerprojektwochen und bei öffentlichen Veranstaltungen. Auf Tagungen und Konferenzen intensivieren wir den Wissenstransfer zwischen Forscherinnen und Forschern sowie Vertretern aus Wirtschaft und Politik. Teambildende Projektstage, Sportveranstaltungen, Ehrungen ehemaliger Weggefährten und vieles mehr schaffen eine Vielfalt, die unsere tägliche wissenschaftliche Arbeit bereichert.

Beiträge von:

Stefan Gröschel sowie Jana Strauch, Silke Scheerer und zum Teil aus dem BauBlog der Fakultät Bauingenieurwesen: <http://baublog.tu-dresden.de>

31. DRESDNER BRÜCKENBAUSYMPOSIUM

ZURÜCK ZUR TAGESORDNUNG

Das Dresdner Brückenbausymposium hat sich für seinen 31. Auftritt wie gewohnt in Schale geworfen und konnte endlich wieder in Präsenz stattfinden. Terminlich wartete es, anders als gewohnt, in der Pfingstwoche auf, konkret am 07./08. Juni 2022. Die gastgebenden Professoren Manfred Curbach und Steffen Marx sahen in der Terminverlegung die Chance, sich ohne Restriktionen begegnen zu können. Und tatsächlich: die Rechnung ging auf. Das Wiedersehen tat der Brückenbaufamilie gut, was sich mit einer Teilnahmestärke von exakt 1.282 Personen und regen Gesprächen am Vorabend des Symposiums zeigte. Damit bleibt die Veranstaltung ein etablierter Treffpunkt für alle die, die den Erfahrungsaustausch suchen und richtet sich an sämtliche Akteur:innen, die Brücken planen, bauen, bewerten, erforschen, sanieren, betreiben und managen. Den Studierenden dient das Symposium zudem zur persönlichen Orientierung im Studium und auch für die Zeit danach.

Am Symposiumstag selbst sendete Thomas Schmidt, Sächsischer Staatsminister für Regionalentwicklung, sein Grußwort aufgrund von vielen Terminen als Videobotschaft. Im Anschluss begeisterten 13 Referent:innen mit interessanten Fachvorträgen das Auditorium. Auch unser Institut war vertreten. Im Vortrag „Verstärkung von Stahl- und Spannbetonbrücken mit Carbonbeton – Aktuelles aus Praxis und Forschung“ berichtete Oliver Steinbock von bereits umgesetzten Verstärkungsmaßnahmen und gab Einblicke in jüngste Forschungsergebnisse und zur Carbonbetonverstärkung bei spannungsrissskorrisionsgefährdeten Bauwerken.

Begleitet wurden die Brückenbautage durch die Firmenausstellung mit mehr als 70 Firmen, Institutionen und Verbänden. Interessierte tauschten sich zu Dienstleistungen und Produkten der Anbieter:innen aus und knüpften oder belebten Kontakte.

Das Organisationsteam wirkte vor, während und nach dem Event und war erfreut, den Gästen ein bekanntes und vertrautes Flair im Hörsaalzentrum der TU Dresden bieten zu kön-



Dresdner Brückenbausymposium endlich wieder live | Foto: Stefan Gröschel

nen. Seit 2022 ist das DBBS übrigens im Social Media von LinkedIn als eigener Kanal zu finden, wo in regelmäßigen Abständen der aktuelle Status gepostet wird. Die Zahl von knapp 650 Follower:innen kann sich bereits sehen lassen und wächst stetig weiter.

Die genaue Anzahl Gäste war maßgeblich für eine während des Symposiums angekündigte Aktion: Je Teilnehmer:in sollte ein Baum gepflanzt werden. Den ausführlichen Bericht dazu lesen Sie auf Seite 165.

2023 steht ein Ortswechsel an. Das 32. Dresdner Brückenbausymposium wird am 31. Mai 2023, also in der Woche nach Pfingsten, in der Messe Dresden stattfinden, umrahmt von zwei weiteren hochkarätigen Veranstaltungen. So findet am Vortag, dem 30. Mai 2023, die Verleihung des Deutschen Brückenbaupreises 2023, ebenfalls in der Messe Dresden statt. Am Folgetag, dem 01.06.2023, steht das 12. Symposium „Experimentelle Untersuchungen von Baukonstruktionen (SEUB)“ an der TU Dresden auf dem Programm. Weitere Informationen finden Sie auf unserer Homepage. Wir freuen uns, Sie 2023 wieder in Dresden begrüßen zu dürfen!

RESSOURCENEFFIZIENTER HOCHBAU AN DER TU DRESDEN

PD FÖRdert STIFTUNGSPROFESSUR



PD-Geschäftsführer Stéphane Beemelmans und Rektorin Prof. Ursula M. Staudinger bei der Vertragsunterzeichnung an der TU Dresden | Foto: Stefan Gröschel

Das nachhaltige Bauen mit geringerem Ressourceneinsatz – gerade im öffentlichen Bereich – kann einen wesentlichen Beitrag zum Erreichen der Ziele des Pariser Klimaschutzabkommens von 2015 leisten. Vor diesem Hintergrund will die PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (PD) die Forschung und Lehre auf diesem Gebiet gezielt fördern. Am 29. August 2022 unterzeichneten Stéphane Beemelmans, Geschäftsführer der PD, und Prof. Ursula M. Staudinger, Rektorin der Technischen Universität Dresden (TUD), eine Vereinbarung über die Finanzierung einer Stiftungsprofessur für ressourceneffizienten Hochbau.

Die von der PD für eine Dauer von sechs Jahren gestiftete Professur wird an der Fakultät Bauingenieurwesen eingerichtet und soll mit der Fakultät Umweltwissenschaften interdisziplinär zusammenarbeiten. Ziel der PD-Stiftungsprofessur ist es, die Forschung und Lehre für mehr Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz auf dem Gebiet des konstruktiven – öffentlichen – Hochbaus im Bereich des

Massivbaus zu stärken. Die nun unterzeichnete Stiftungsvereinbarung sieht eine Besetzung der Professur ab dem Sommersemester 2023 vor.

„Als öffentliches Beratungsunternehmen wissen wir um den hohen Stellenwert, den Nachhaltigkeitskriterien bei der Planung und Umsetzung öffentlicher Bauvorhaben besitzen. Mit der Einrichtung dieser Stiftungsprofessur an der TUD möchten wir den Aufbau und Transfer von Wissen über klimafreundliches Bauen stärken und zudem dazu beitragen, qualifizierten Nachwuchs mit spezifischem Interesse am öffentlichen Bauen auszubilden. Dazu gehört auch unser Angebot an Lehrende und Studierende, die PD Beratungspraxis kennenzulernen und mit uns in den direkten Fachaustausch zu treten“, erklärt Stéphane Beemelmans.

Birte Frischemeier, Direktorin bei der PD: „Die enge Vernetzung von Wissenschaft und Verwaltung ist ein Alleinstellungsmerkmal der PD. Neben den Hochschulkooper-

rationen leiten wir mit unserer PD-eigenen Science Group aus neuesten Forschungserkenntnissen praxistaugliche Lösungen für die Verwaltung ab – und schaffen selbst verwaltungsrelevantes Wissen. Die Technische Universität Dresden ist eine weitere hervorragende Partnerin, mit der wir gemeinsam dieses verwaltungsrelevante Wissen erarbeiten können.“

Die Rektorin der TU Dresden, Prof. Ursula M. Staudinger, sieht in der Kooperation großes Potenzial: „Mit der PD-Stiftungsprofessur für ressourceneffizienten Hochbau erhalten wir die Möglichkeit, die Fakultät Bauingenieurwesen um eine Professur zu erweitern, die einen besonderen Fokus auf die weitreichenden Nachhaltigkeitsanforderungen im Bereich des Bauens legt.“

Prof. Steffen Marx, DB Netz AG-Stiftungsprofessor für Ingenieurbau am Institut für Massivbau der TU Dresden, ergänzt: „Die PD wird darüber hinaus ihre Expertise in den Lehrveranstaltungen einbringen und den Studierenden vielfältige Einblicke in die Beratungsarbeit für die öffentliche Hand geben – dies stärkt die praxisorientierte Vernetzung.“

Die Berufung der Professorin bzw. des Professors erfolgt durch die TUD nach den Bestimmungen des Sächsischen Hochschulfreiheitsgesetzes. Als rein öffentliches Beratungsunternehmen ist der PD die Stärkung des beidseitigen Wissenstransfers zwischen Verwaltung sowie Forschung und Lehre ein besonderes Anliegen. Bereits 2018 wurde eine PD-Stiftungsprofessur für „Public Administration and Management“ an der Hertie School in Berlin eingerichtet. Zudem kooperiert die PD eng mit der NRW School of Governance in Duisburg sowie der Hochschule für Wirtschaft und Recht in Berlin.

Die PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH ist ein Inhouse-Beratungsunternehmen der öffentlichen Hand und bietet umfassende projektbezogene Beratungs- und Managementleistungen für Bund, Länder, Kommunen und sonstige öffentliche Auftraggeber zu Fragestellungen moderner Verwaltung und Investitionsvorhaben an. Schwerpunktmäßig berät die PD bei Strategie-, Organisations- und Investitionsvorhaben, unterstützt beim Management von Großprojekten und der Steuerung von Vergabeverfahren. Die PD liegt zu 100 % in den Händen öffentlicher Gesellschafter. Mehr Informationen unter: www.pd-g.de



Gruppenfoto von der Vertragsunterzeichnung (v. l. n. r.): Prof. Jürgen Stamm, Dekan der Fakultät Bauingenieurwesen der TU Dresden, Stéphane Beemelmans, PD-Geschäftsführer, Prof. Dr. Ursula M. Staudinger, Rektorin der TU Dresden, Birte Frischmeier, PD-Direktorin, Prof. Steffen Marx, Stiftungsprofessor DB Netz AG am Institut für Massivbau der TU Dresden | Foto: Stefan Gröschel

LANGE NACHT DER WISSENSCHAFT 2022

3, 2, 1 ... SCIENCE!

Wer wissen wollte, wie es sich bei uns an der Fakultät studiert, woran bei uns geforscht wird und was am Bauingenieurwesen so faszinierend ist, konnte sich am Abend des 08. Juli alle Antworten direkt bei uns holen. Unter dem Motto „3, 2, 1 ... Science!“ fand die Lange Nacht der Wissenschaft 2022 endlich wieder in Präsenz statt und tausende große und kleine Besucher:innen pilgerten bis Mitternacht über den Campus der TU Dresden. Zahlreiche Mitarbeiter:innen des Instituts für Massivbau trugen mit ihrem Engagement und einem unterhaltsamen Programm maßgeblich zum Gelingen des Abends bei.

Abermals überwältigend war die Beteiligung der kleinen Besucher an den verschiedenen Stationen des Juniorbaumeisters. Es galt, sieben von zehn Stationen erfolgreich zu meistern und abzustempeln, um eine der begehrten Betonmedaillen zu ergattern. Es bildeten sich lange Schlangen vor der Wertungsprüfung Baggerfahren und die Arbeitsplätze in der Betonwerkstatt waren bis in die späten Abendstunden sehr begehrt.

Gewohnt souverän organisierte die Fachschaft bei sehr guten Wetterbedingungen die Versorgung der zahlreichen Besucher:innen mit Gegrilltem und kühlen Getränken und rundete damit das Programm aus kulinarischer Sicht ab.

Wir danken allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Instituts und Labors für ihren Einsatz und die tatkräftige Unterstützung bis in die späten Abendstunden.



Impressionen von der Langen Nacht der Wissenschaft | Alle Fotos: Stefan Gröschel

„BETON NUMERISCH – MÖGLICHKEITEN, NEBENWIRKUNGEN UND RISIKEN“

VERABSCHIEDUNG VON PROF. DR.-ING. HABIL. ULRICH HÄUSSLER-COMBE

Am 01.07.2022 fand im Dülfersaal der TU Dresden die feierliche Verabschiedung unseres hochgeschätzten Kollegen und Institutsprofessors Prof. Dr.-Ing. habil. Ulrich Häußler-Combe statt. Im Beisein zahlreicher Gäste und Wegbegleiter hielt Prof. Häußler-Combe seine Abschiedsvorlesung zum Thema „Beton numerisch – Möglichkeiten, Nebenwirkungen und Risiken“.



Prof. Dr.-Ing. habil. Ulrich Häußler-Combe während seiner Abschiedsvorlesung zum Thema „Beton numerisch – Möglichkeiten, Nebenwirkungen und Risiken“ | Foto: Stefan Gröschel

Der Dekan der Fakultät Bauingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Jürgen Stamm, gab in seiner Festrede einen interessanten Einblick in die verschiedenen Stationen der Vita von Ulrich Häußler-Combe. Nach seiner Habilitation an der Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen der TH Karlsruhe im Jahr 2001 kam er 2003 an die TU Dresden und besetzte die Professur für spezielle Massivbauwerke am Institut für Massivbau. In der Zeit von 2003 bis 2020 führte er zehn wissenschaftliche Mitarbeiter:innen erfolgreich zur Promotion. In dieser Zeit hat Prof. Häußler-Combe zudem zahlreiche grundlagen- und anwendungsorientierte Forschungsprojekte verantwortet. Darunter waren Forschungsarbeiten bei der DFG ebenso wie Projekte bei BMBF, AiF und anderen Fördermittelgebern. Prof. Jürgen Stamm betonte die Nominierung für den Betreuerpreis der Graduiertenakademie der TU Dresden im Jahr 2017 und würdigte

das ausgezeichnete Engagement, das fachliche und kollegiale Wirken an und für die Universität und sprach im Namen der Fakultät Bauingenieurwesen seinen herzlichen Dank dafür aus.



Abschiedsvorlesung in ehrwürdigem Rahmen im Dülfersaal der TU Dresden | Foto: Stefan Gröschel

Der zweite Festredner, Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach vom Institut für Massivbau, lernte Ulrich Häußler-Combe bereits während seiner eigenen Studienzeit an der Technischen Universität Dortmund kennen. Den allermeisten jungen Studierenden um Curbach war Häußler-Combe bekannt als der phantastische Student aus dem 7. Semester, welcher bestimmt einmal Professor werden würde. So kam es dann später auch und umso mehr freute sich Manfred Curbach am 01.07.2022, anlässlich der Abschiedsvorlesung des Professors, Kollegen und Freundes auf eine erfüllte gemeinsame Zeit an der TU Dresden zurückblicken zu können. Manfred Curbach bedankte sich bei Ulrich Häußler-Combe vor allem für das Wissen und die Erfahrung, die er während seiner Tätigkeit nutzbringend für alle am Institut und an der Universität eingebracht hat.

Wir bedanken uns für die gemeinsame Zeit und wünschen für den weiteren Lebensweg alles erdenklich Gute, vor allem Gesundheit, viel Freude und Muße für das Schöne.

INNOVATIONSPREIS 2021

INDUSTRIECLUB SACHSEN E. V. WÜRDIGT OLIVER STEINBOCK

Nur Innovationen sind der Garant für die Leistungskraft unserer Wirtschaft. Unter diesem Motto fördert der Industrieclub Sachsen seit 1997 mit der Stiftung und Vergabe des Innovationspreises in besonderer Weise und über die Grenzen unternehmerischen Denkens hinaus den Dialog zwischen Wissenschaft und Praxis.

Am 15.11.2022 wurde der Innovationspreis 2021 an Dr.-Ing. Oliver Steinbock verliehen, er ist der stolze 30. Preisträger. Er erhielt den mit 5.000 Euro dotierten Preis für seine Doktorarbeit an der TU Dresden, in der er erforscht hat, wie man mit Hilfe von Carbonbeton baufällige Brücken ertüchtigen und damit erhalten kann.



Preisverleihung (v. l. n. r.) Bianca Deutsch, Geschäftsführerin Industrieclub Sachsen, Thomas Kralinski, Staatssekretär im Sächsischen Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr, Ulrich Franzen, Präsident Industrieclub Sachsen, Dr.-Ing. Oliver Steinbock, Prof. Dr. Ursula M. Staudinger, Rektorin der TU Dresden und Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach, Institut für Massivbau der TU Dresden | Foto: Jürgen Lösel

„POP-UP-WISSEN: WISSEN SCHAFFT DIALOG“

KINDER HABEN VIELE FRAGEN

„POP-UP-Wissen: Wissen schafft Dialog“: Das Motto des Projekts, das die Technische Universität Dresden im Rahmen des diesjährigen Wissenschaftsjahrs veranstaltet, richtet sich nicht nur an interessierte Laien, sondern natürlich auch an Kinder.

Am 30. November fand deshalb im Kulturpalast Dresden die Checker-Fragenshow statt, bei der Kinder vier Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern all ihre Fragen stellen konnten. Mit dabei auf dem Podium

war auch unser Max Herbers vom Institut für Massivbau. Für die anwesenden kleinen wissensdurstigen Gäste gab es ausreichend Möglichkeiten, ihre Fragen zu stellen und beantwortet zu bekommen. Moderiert wurde das Event vom Journalisten Can Mansuroglu, der vielen Kindern aus der KiKa-Show „Checker Can“ bekannt ist.

Als Bestandteil der Strategie „TUD 2020–2025: Vision und strategische Ziele“ ist das Projekt „POP-UP-WISSEN – Wissen schafft



Dipl.-Ing. Max Herbers stellte sich den zahlreichen ausgefallenen Fragen der anwesenden Kinder | Fotos: Stefan Gröschel

Dialog“ Bestandteil einer langfristigen und nachhaltigen Entwicklung der TU Dresden, regional Verantwortung zu übernehmen

und gesellschaftliche Herausforderungen forschungsgeleitet zu adressieren.

PRO TEILNEHMER EIN NEUER BAUM

DIE BAUMPFLANZAKTION VOM BRÜCKENBAUSYMPOSIUM

Im Rahmen des 31. Dresdner Brückenbausymposiums wurde angekündigt, je Gast einen Baum zu spenden, um damit dem Klimawandel aktiv etwas entgegenzusetzen.

Am 12.11.22 übergaben Brian Bjørndal-Pedersen und Steffen Marx einen Scheck im Wert von 3.846,- € an Johann-Georg Cyffka von der gemeinnützigen Stiftung Wilderness International in Dresden. Verwendet wird dieser für die Aktion „Mein Baum – Mein Dresden“, eine Initiative getragen durch viele engagierte Dresdner Bürger:innen.

Zur Pflanzaktionen am Maltengraben unterstützten dankenswerterweise Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter vom Institut für Massivbau (IMB), TU Dresden und der TUDIAS, um einen ersten Teil der Bäume in die Erde zu bringen. Beim Pflanzen erhielten die Teilnehmer:innen auch interessante Informationen aus der Pflanzenkunde.

Wir sagen herzlichen Dank an unsere Gäste des Dresdner Brückenbausymposiums 2022 und freuen uns natürlich, Sie auch im kommenden Jahr wieder zahlreich in Dresden begrüßen zu dürfen.



Das IMB unterstützt die Baumpflanzaktion „Mein Baum – Mein Dresden“ | Fotos: Jana Strauch (links), Stefan Gröschel (rechts)

61. FORSCHUNGSKOLLOQUIUM UND 9. JAHRESTAGUNG DES DAFSTB 2022

DRESDNER BETONFORSCHUNG IM FOKUS

Am 26. und 27. September 2022 fanden das 61. Forschungskolloquium und die 9. Jahrestagung des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAFStb) an der TU Dresden statt, organisiert von den Instituten für Baustoffe und Massivbau und vom C³ – Carbon Concrete Composite e. V. Die Forschungskolloquien des DAFStb haben seit 48 Jahren Tradition. Sie finden jeweils an einer anderen Universität meist in Deutschland, aber auch an Universitäten in den Niederlanden, der Schweiz und Österreich mit dem Ziel statt, jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern die Möglichkeit zu geben, ihre Forschungsergebnisse einem breiten Fachpublikum aus Wissenschaft und Praxis zu präsentieren.

Die Premiere für die TU Dresden als Gastgeberin war im Jahr 1997. Damals fand die Veranstaltung auch erstmalig in den neuen Bundesländern statt. Zum zweiten Mal durften wir im Oktober 2007 die Tagung ausrichten. Dies war eine besondere Ehre, denn im selben Jahr wurde der Deutsche Ausschuss für Stahlbeton 100 Jahre alt. Nun waren wir also zum dritten Mal die Organisatoren konnten im Paket mit den 14. Carbon- und Textilbetontagen ein ansprechendes Tagungsprogramm anbieten.

1997 gab es noch ein gemeinsames Institut für Tragwerke und Baustoffe. Am Lehrstuhl für

Massivbau lag der Fokus auf Hochleistungsbeton, v. a. der mehraxialen Festigkeit, aber auch auf Bitumen und Befestigungsmitteln. Am Lehrstuhl für Baustoffe forschte man grundlegend zu polymermodifizierten Betonen, Dauerhaftigkeit und Bruchvorgängen in Betonmatrices. Erste Untersuchungen zu Textilbeton stellten beide Lehrstühle vor. Zudem gab es Vorträge aus den Bereichen bautechnisches Mess- und Versuchswesen – die gleichnamige Professur wurde wenig später aufgelöst – und der Professur für Massivbrückenbau, die später dem IMB angegliedert wurde.

Beim zweiten Dresdner DAFStb-Kolloquium zehn Jahre später gab es zwei separate Institute für Baustoffe (IfB) und Massivbau (IMB). Auch Forschung und Laborausstattung hatten sich weiterentwickelt. Am IfB forschte man mittlerweile intensiv zur Charakterisierung des Gefüges. Es wurden neue Materialien wie z. B. der hochduktiler Kurzfaserbeton SHCC im Dreiklang Material, Verfahrenstechnik und Konstruktion entwickelt und Hochleistungsbetone durch die gezielte Gestaltung der Faser-Matrix-Interaktion oder des Schwindverhaltens und die Abbildung dieser Vorgänge durch analytische Modelle und numerische Simulationen modifiziert. Am IMB hatte man die Expertise zur Mehraxialität von Hochleistungsbetonen und zur Erforschung des Ver-



Die Vortragsveranstaltung des 61. DAFStb-Forschungskolloquiums in Dresden ist gut besucht | Foto: Stefan Gröschel



Seit dem ersten DAFStb-Forschungskolloquium in Dresden 1997 haben sich die Forschungsinhalte des IMB deutlich erweitert | Foto: Stefan Gröschel

bundes zwischen Stabstahl und Beton vertieft. Unbestrittenes Hauptthema aber lag auf der Erforschung von Textilbeton, primär im 1999 von der DFG eingerichteten Sonderforschungsbereich 528 „Textile Bewehrungen zur bautechnischen Verstärkung und Instandsetzung“. Hier und im parallellaufenden SFB 532 an der RWTH Aachen wurden die Grundlagen für ein heute weltweit etabliertes Forschungsfeld zu diesem neuartigen Baustoff gelegt.

Seither waren noch einmal 15 Jahre vergangen. Die Schwerpunkte des IfB umfassen heute die Charakterisierung nachhaltiger Betone, spezieller Betonkomposite oder ultrahochfester, hochduktiler Betone. Erstmals im Bauingenieurwesen war ein DFG-Graduiertenkolleg eingerichtet worden – das GRK 2250 „Impaktsicherheit von Baukonstruktionen durch mineralisch gebundene Komposite“. Untersuchungen zur Rheologie von Frischbeton finden konzertiert im SPP 2005 „Opus Fluidum Futurum“ statt. Ein dritter Schwerpunkt ist die additive Fertigung mit Beton. Am Massivbauinstitut nimmt Textil- und Carbonbeton nach wie vor einen enormen Stellen-

wert ein. Neben dem Konsortium C³ – Carbon Concrete Composite startete im Juli 2020 der SFB/Transregio 280 „Konstruktionsstrategien für materialminimierte Carbonbetonstrukturen – Grundlagen für eine neue Art zu bauen“, initiiert gemeinsam mit der RWTH Aachen University und dem Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e. V. Durch die DB Netz AG – Stiftungsprofessur gewannen zudem Ingenieurbau Themen wie Windenergieanlagen, Brückenbau, Sensorik und Bauen im Bestand klar an Bedeutung. *Structural Health Monitoring* und prädiktive Instandhaltung sind Kernpunkte des vom IMB initiierten und 2022 gestarteten Schwerpunktprogramms 2388 „Hundert plus – Verlängerung der Lebensdauer komplexer Baustrukturen durch intelligente Digitalisierung“.

In Summe stellten an den zwei Tagen Nachwuchswissenschaftler:innen in 25 Vorträgen in den Themengebieten Impakt, Ingenieurbau, Ermüdung/Dauerhaftigkeit, Frischbeton/Rheologie, additive Fertigung, Sensorik und Carbonbeton ihre Forschungsarbeiten vor. Jede Session wurde durch einen Fachvortrag eingeleitet. Außer Steffen Marx und Viktor Mechtcherine von der gastgebenden Universität kamen Prof. Rolf Breitenbücher von der Ruhr-Universität Bochum und Dr.-Ing. Norbert Will von der RWTH Aachen zu Wort. Neben den interessanten Vorträgen trugen viele Kolleg:innen der ausrichtenden Institute und des C³ e. V. tatkräftig zum Gelingen der Veranstaltung bei, denen an dieser Stelle ausdrücklich gedankt sei.

Link zum Tagungsband: <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa2-817893>



Posterausstellung zu aktuellen Scherpunkten des IMB | Foto: Stefan Gröschel

DAS BUCH ZUM CARBONBETONHAUS

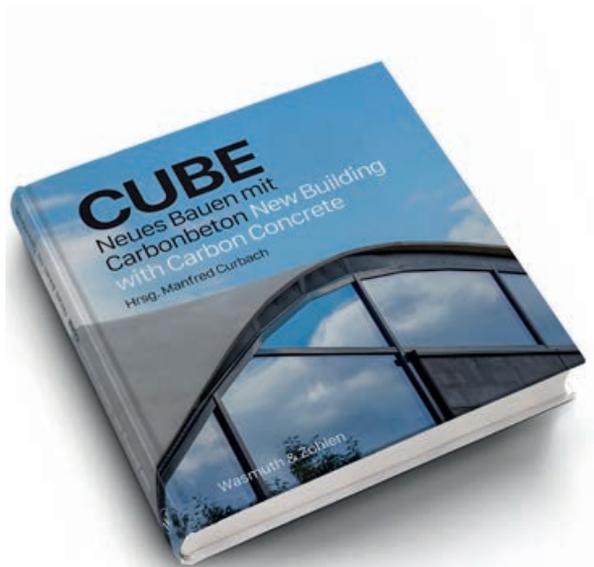
CUBE. NEUES BAUEN MIT CARBONBETON

Ende September 2022 wurde in Dresden das weltweit erste vollständig aus Carbonbeton errichtete Haus feierlich eröffnet. Es ist das Ergebnis langjähriger Forschung unter der Leitung von Prof. Manfred Curbach an der TU Dresden zu einem neuen Baustoff, der im Zeichen von Klimaschutz und Ressourceneffizienz steht und zukünftig an Bedeutung gewinnen wird. Das in Zusammenarbeit mit dem renommierten Verlag Wasmuth & Zohlen entstandene Buch dokumentiert die Entstehung des CUBE und beleuchtet in Bild und Text Geschichte und Potential der Materialkombination Carbonbeton.

Prof. Manfred Curbach: *„Der CUBE ist das Ergebnis aus fast 30 Jahren Forschung zum Thema Carbonbeton. Insgesamt ist etwas völlig Neues entstanden. Wir präsentieren einen Baustoff, der ökologisch vernünftiger ist als Stahlbeton, der auch langlebiger und werterhaltender ist. Statt massig haben wir filigran gebaut,*

statt geklotzt viel nachgedacht, was man besser machen kann. Unsere geschwungene und in sich verdrehte Dach-Wand-Konstruktion TWIST ist auch in ästhetischer Hinsicht hochinteressant, was uns hoffen lässt, dass der Schalenbau mit Carbonbeton im Bauwesen eine Art Renaissance erlebt.“

- Herausgeber: Manfred Curbach
- Deutsch | Englisch
- Verlag: Wasmuth & Zohlen Verlag, Berlin
- Mit Beiträgen u. a. von Michael Frenzel, Gunter Henn, Sandra Kranich, Maren Kupke, Henrik Ritter, Silke Scheerer, Rudolf Spindler, Matthias Tietze und Fotos von u. a. Stefan Gröschel, Diane Hellwig, Maximilian Meisse
- 240 Seiten mit 168 Abbildungen
- 24,5 × 28 cm, Hardcover mit Schutzumschlag
- 48,- Euro (DE)
- ISBN 978 3 8030 2372 8
- Erscheinungsjahr 2022



Das Buch zum CUBE ist im Verlag Wasmuth & Zohlen erschienen und seit Mitte Dezember 2022 im Buchhandel erhältlich | Fotos: Wasmuth & Zohlen Verlag, Berlin (links), Stefan Gröschel (rechts)

ABSCHLUSSBERICHT SPP 1542

LEICHT BAUEN MIT BETON – GRUNDLAGEN FÜR DAS BAUEN DER ZUKUNFT MIT BIONISCHEN UND MATHEMATISCHEN ENTWURFSPRINZIPIEN

Bewehrter Beton ist das heutzutage am meisten verwendete Baumaterial. Es ist universell und preiswert fast überall auf der Welt herstellbar. Damit einhergehen allerdings ein hoher CO₂-Ausstoß und ein beträchtlicher Verbrauch an natürlichen Ressourcen. Im DFG-Schwerpunktprogramm 1542 wurden deshalb verschiedenste Ansätze erforscht, wie das Material effizienter eingesetzt und damit der Betonbau zukunftsfähig gemacht werden kann.

Im SPP 1542 wirkten seit 2011 über die gesamte Laufzeit hinweg über 100 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mit. Es wurden circa 290 Publikationen und 190 studentische Arbeiten verfasst. Hinzu kommen knapp 30 Dissertationen, zwei Habilitationsschriften und drei Patente. Kernpunkt des SPP 1542 „Leicht Bauen mit Beton – Grundlagen für das Bauen der Zukunft mit bionischen und mathematischen Entwurfsprinzipien“ war

die bauteilspezifische Grundlagenforschung nach dem Prinzip „*form follows force*“, wobei die ganze Fülle baubarer Strukturen vom eindimensionalen Stab bis zum dreidimensionalen Schalentragswerk adressiert werden sollte. Die Natur diente als Inspirationsquelle. Parallel sollten Aspekte der Herstellung beginnend bei innovativen Schalungssystemen und Bautechnologien für frei geformte Betonbauteile bis hin zu Fügeverfahren für filigrane Betonbauteile sowie geeignete Berechnungsverfahren für dynamisch kritische und stabilitätsgefährdete Strukturen entwickelt und erforscht werden. Im Abschlussbericht zum SPP 1542 werden die wichtigsten Ergebnisse auf 800 Seiten detailliert vorgestellt.

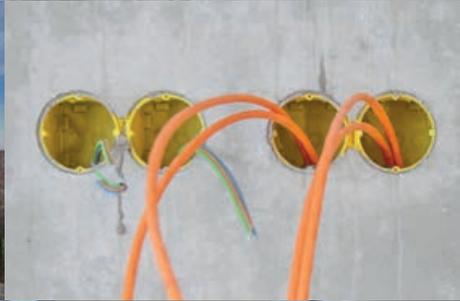
Das Buch liegt als Print und als Open-Access-Version vor, siehe <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa2-794383>.



Im 800 Seiten starken Abschlussbericht wird ein umfassender Überblick über die Forschung im SPP 1542 sowie über aus dem SPP heraus entwickelte Anschlussprojekte und gemeinsame Aktivitäten gegeben | Foto: Stefan Gröschel



Impressionen
von der Baustelle zum
Carbonbetonhaus CUBE
Januar 2022 bis Dezember 2022 |
alle Fotos: Stefan Gröschel







Angela Schmidt verteidigte Ende Februar 2022 erfolgreich ihre Dissertation | Angela Schmidt successfully defended her dissertation at the end of February 2022 | Photo: André Terpe

PROMOTIONEN

Angela Schmidt, 28. Februar 2022

EFFIZIENT GEFORMTE STÜTZEN *EFFICIENTLY SHAPED COLUMNS*

Heutzutage werden die allermeisten Beton- und Stahlbetonstützen mit einem rechteckigen oder kreisförmigen Querschnitt und einem konstanten Verlauf über die Stützenlänge ausgeführt. Entsprechend der konstruktiven Randbedingungen und der vorhandenen Belastung existieren jedoch häufig stärker und schwächer beanspruchte Bereiche innerhalb eines Druckglieds. In der vorliegenden Arbeit wird daher eine Formoptimierung von (Stahl-) Betonstützen vorgenommen und das resultierende Volumeneinsparungs- bzw. Laststeigerungspotenzial aufgezeigt und analysiert. Hierfür werden charakteristische Lastfälle eines typischen Stahlbetonskelettbaus herangezogen. Vorbetrachtungen führten dazu, dass sich die Untersuchungen vor allem auf planmäßig zentrisch gedrückte, knickgefährdete Stützen sowie auf exzentrisch gedrückte Stützen, bei denen die Biegebeanspruchung infolge einer

Nowadays, the vast majority of concrete and reinforced concrete columns are designed with a rectangular or circular cross-section and a constant shape along the length of the column. However, depending on the structural boundary conditions and the actual load, there are often stronger and weaker stressed areas within a compression member. In the research, therefore, a shape optimization of (reinforced) concrete columns was carried out and the resulting volume saving or load increase potential was shown and analyzed. For this purpose, characteristic load cases of a typical reinforced concrete skeleton structure were used. Preliminary considerations led to the fact that the investigations concentrated mainly on centrally loaded columns with buckling risk as well as on eccentrically loaded columns where the bending stress results from a frame effect of the load-bearing system.

Rahmenwirkung des Tragsystems resultiert, konzentrieren.

Für zentrisch belastete, knickgefährdete Stützen existieren in der Literatur bereits Ergebnisse zu einer Form- und Querschnittsoptimierung bei bruchsicherem und linear-elastischem Materialverhalten. Die Angaben wurden aufbereitet, überprüft und mit Untersuchungen zu den Auswirkungen einer elastischen Lagerung, einer Imperfektion sowie zum Einfluss eines nichtlinearen Materialverhaltens ergänzt. Die theoretischen Betrachtungen ergaben, dass die optimale Stützenform von der jeweiligen Knickfigur abhängt und somit entsprechend der Lagerungsbedingungen variiert. Für die Verifikation wurden zunächst Vorversuche an rechteckigen Stützen mit konstanter Gestalt und unterschiedlicher Bauteillänge durchgeführt. Diese dienten einer besseren Abschätzung des Stabilitätsverhaltens in Abhängigkeit der Schlankheit, der vorhandenen Imperfektionsgröße sowie zur Bestimmung des erzielten Einspanngrades für den gewählten Versuchsstand. Aufbauend auf den Ergebnissen erfolgte die experimentelle Überprüfung des Form- und Querschnittseinflusses. Die in den Versuchen ermittelten Traglasten konnten in allen Fällen sehr gut mit den theoretischen Ansätzen der Elastizitätstheorie vorhergesagt und nachgerechnet werden.

Die Formoptimierung von exzentrisch gedrückten Stützen wurde für unterschiedliche Verhältnisse einer Momenten- und Normalkraftbeanspruchung durchgeführt. Um eine Abgrenzung zu den Betrachtungen des Stabilitätsversagens zu erzielen, beschränkten sich die Untersuchungen auf ein eintretendes Materialversagen. Neben der Formfindung wird entsprechend der Beanspruchung auch eine geeignete Materialkombination gewählt, bei der sowohl der Stahl als auch der Beton möglichst ausgelastet werden. Die Optimierung erfolgte iterativ an einer über die Höhe segmentierten Stütze unter dem Kriterium, einen gleichmäßigen Spannungszustand im Bauteil zu erreichen. Die so gewonnenen optimierten Stützenformen orientierten sich an dem Biegemomentenverlauf. Für die Verifikation der Ergebnisse wurde ein Lastfall experimentell untersucht. Anhand dieser Versuchsreihe konnte das gewählte Berechnungs- und Optimierungsverfahren bestätigt werden.

For centrally loaded columns with buckling risk, results already existed in the literature on shape and cross-section optimization with unbreakable and linear-elastic material behavior. The data were analyzed, verified and supplemented with investigations on the effects of elastic support, imperfection and the influence of nonlinear material behavior. The theoretical considerations showed that the optimum column shape depends on the respective buckling shape and thus varies according to the conditions of support. For verification purposes, preliminary tests were first carried out on rectangular columns with constant shape and varying component length. These served to better estimate the stability behavior as a function of slenderness, the existing imperfection size and to determine the degree of clamping achieved for the selected test rig. Based on the results, experimental verification of the influence of shape and cross-section was carried out. In all cases, the ultimate loads determined in the tests could be compared very well with the theoretical approaches of the theory of elasticity and could be recalculated.

Shape optimization of eccentrically pressed columns was carried out for different ratios of moment-normal force loading. The investigations were limited to an occurring material failure. In addition to finding the shape, a material combination was also selected in accordance with the loading, in which both the steel and the concrete were utilized as much as possible. The optimization was carried out iteratively on a column segmented over its height under the criterion of achieving a uniform stress level in the component. The optimized column shapes obtained in this way are based on the bending moment curve. To verify the results, a load case was investigated experimentally. This series of tests confirmed the selected calculation and optimization method.

► **Titel | Title**

Formoptimierung von Druckgliedern aus Beton und Stahlbeton
Shape optimization of concrete and reinforced concrete compression members

► **Gutachter | Experts**

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Manfred Curbach
Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Mark
Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Oliver Fischer

► <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa2-821861>



Melchior Deutscher mit seinem Doktorvater Manfred Curbach | Melchior Deutscher with his doctoral supervisor Manfred Curbach | Photo: Stefan Gröschel

Melchior Deutscher, 21. November 2022

BETONERWÄRMUNG BEI ERMÜDUNGSTESTS

CONCRETE HEATING DURING FATIGUE TESTS

Die Anforderungen an Baumaterialien steigen durch immer schlankere und höhere Tragwerke. Im Massivbau geht daher seit längerem die Materialentwicklung hin zu (ultra-)hochfesten Betonen – (U)HPC. Neben der steigenden statischen Beanspruchung nimmt die Bedeutung der Ermüdungsfestigkeit zu, die in der jüngeren Vergangenheit verstärkt erforscht wurde. In verschiedenen Forschungsvorhaben wurde bei Druckschwellversuchen zur Erzeugung von Wöhlerlinien eine Erwärmung der Probekörper festgestellt. Dieser Thematik widmet sich die Arbeit bezogen auf UHPC.

Mit einer umfangreichen Parameterstudie konnte ein Überblick über maßgebende Einflussgrößen auf den Erwärmungsprozess gegeben werden. Als wichtigste Ursachen für die Temperaturerzeugung wurde ein inneres Reibungspotenzial festgestellt, welches mit geringer werdendem Größtkorn und durch wachsende Schädigung ansteigt. Zum anderen

Due to ever slimmer and higher load-bearing structures the requirements on building materials are increasing. In concrete construction, the development is therefore moving towards (ultra-) high strength concretes – (U)HPC. In addition to the increasing static loading, the importance of fatigue strength is growing and has been the subject of intensified research in the recent past. Various researchers has been detected a heating of test specimens during pressure swell tests to generate Wöhler lines. The work is dedicated to this topic in relation to UHPC.

Using a comprehensive parameter study, an overview of the significant influencing variables on the heating process could be given. On the one hand, an internal friction potential which increases with decreasing maximum grain size and due to growing damage, could be identified as an important cause of temperature generation. On the other hand, the applied energy per load cycle is decisive. Unlike the

ist die eingetragene Energie pro Lastwechsel entscheidend. Anders als die v. a. oberspannungsabhängige Ermüdungsfestigkeit von Beton hängt die Erwärmung pro Lastwechsel von der Spannungsamplitude ab. Die Prüfungsgeschwindigkeit beeinflusst die messbare Erwärmung hingegen nur durch die Veränderung des Zeitraums, der pro Lastwechsel zur Temperaturabgabe zur Verfügung steht. Die Temperaturgenerierung pro Lastwechsel ist hingegen frequenzunabhängig.

Die Probekörpererwärmung bewirkt v. a. eine deutliche Reduzierung der Bruchlastwechselzahlen im Vergleich zu Tests mit keinem oder geringem Temperaturanstieg. Deshalb wurde verschiedentlich eine Anpassung des Versuchsablaufs zur Begrenzung der Temperaturentwicklung im Probekörper vorgeschlagen. Die vorliegende Arbeit zeigt im Gegensatz dazu eine Methode auf, bei der die Erwärmung zugunsten einer zeiteffizienten Prüfung zugelassen und anschließend bei der Auswertung berücksichtigt wird.

Eine Hauptursache für das vorzeitige Versagen bei starker Erwärmung ist die Temperaturabhängigkeit der statischen Druckfestigkeit. Diese sinkt mit steigender Temperatur. Dies führt bei kraftgesteuerten Druckschwellversuchen mit konstantem Lastspiel zu einer kontinuierlichen Veränderung des bezogenen Spannungsspiels, wenn sich die Temperatur der Probe ebenfalls sukzessive erhöht. Vor allem die stark steigende bezogene Oberspannung führt schlussendlich zu einem vorzeitigen Ermüdungsversagen. Dieser Effekt wurde durch die Ermittlung eines äquivalenten Spannungsspiels berücksichtigt. Anhand der durchgeführten Druckschwellversuche und der temperaturabhängigen Druckfestigkeit wurde eine analytische Methode entwickelt, mit der basierend auf der anfänglichen Lastamplitude sowie der gemessenen Maximaltemperatur eine angepasste Oberspannung berechnet werden kann. Anschließend kann die erreichte Bruchlastwechselzahl in ein Wöhlerdiagramm eingetragen werden.

fatigue strength of concrete, which mainly depends on the maximum stress, the heating per load cycle is dependent on the amplitude. The load frequency only influences the measurable heating by changing the time period available per load change for temperature release. But the heating per load cycle is independent of the load frequency.

The specimen heating causes a significant reduction of the number of cycles to failure compared to tests with little or no temperature rise. Therefore, various authors have proposed an adaptation of the test procedure to minimize the temperature generation in the sample. In the present work, a method is now proposed in which heating is allowed in favor of time-saving testing. The temperature development is subsequently taken into account in the evaluation.

The temperature-dependent static compressive strength of concrete could be identified as a main cause of premature failure in the case of strong heating. If the temperature increases, the compressive strength is reduced simultaneously. This leads to a continuous change in the referenced stress play in force-controlled compressive swell tests with a constant load cycle, if the temperature of the specimen also increases successively. In particular, the significant increase in the referred upper stress finally leads to premature fatigue failure. This effect was taken into account by determining an equivalent stress play. Based on the pressure swell tests carried out and the temperature-dependent compressive strength, an analytical method was developed. Using the initial load amplitude as well as the measured maximum temperature, an adjusted maximum stress level can be calculated. The achieved number of cycles to failure can be entered in a Wöhler diagram with the modified maximum stress level.

► **Titel | Title**

Berücksichtigung von Temperaturfeldern bei Ermüdungsversuchen an UHPC

Consideration of temperature fields in fatigue tests on UHPC

► **Gutachter:in | Experts**

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Manfred Curbach
Prof. Dr.-Ing. Harald Garrecht
Dr.-Ing. Silke Scheerer

► <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa2-840056>

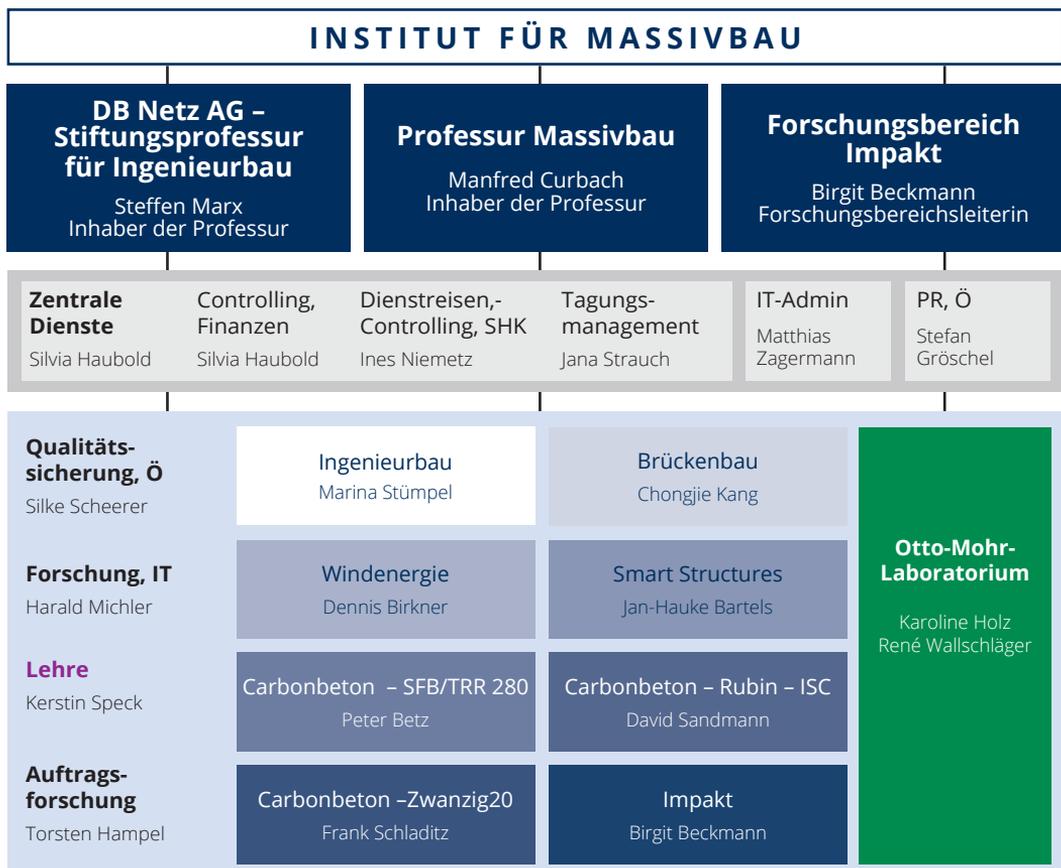
DAS INSTITUT IN ZAHLEN UND FAKTEN

Am Institut für Massivbau (IMB) arbeiten zirka 70 Personen. Gemeinsam erforschen wir das Verhalten von Beton- und Massivbaustrukturen unter verschiedensten Blickwinkeln. Dies umfasst einerseits experimentelle Untersuchungen von Beton unter z. B. statischer, zyklischer, hochdynamischer, thermischer, mehraxialer Beanspruchung. Unsere Arbeit umfasst andererseits auch numerische Simulationen und datengetriebene Analysen. Alle drei Felder sind eng miteinander verzahnt.

und Prof. Steffen Marx als Professor für Ingenieurbau gewonnen werden konnte, konnte im Jahr 2022 der Übergang der Direktion des IMB von Prof. Manfred Curbach auf Prof. Steffen Marx erfolgreich initiiert werden. Weitere, formale Schritte seitens der Fakultät sind für 2023 vorgesehen. In der am IMB gelebten Praxis leiten Prof. Steffen Marx als Direktor des IMB gemeinsam mit Prof. Manfred Curbach und Dr.-Ing. Birgit Beckmann das Institut. Die Umstrukturierung des IMB beinhaltet auch eine Neuausrichtung der Forschungsgruppen als lebendes System.

Nachdem im Jahr 2020 die DB Netz AG – Stiftungsprofessur für Ingenieurbau eingerichtet

■ Organisationsstruktur des Instituts



Organigramm des Instituts für Massivbau (Stand 31.12.2022)

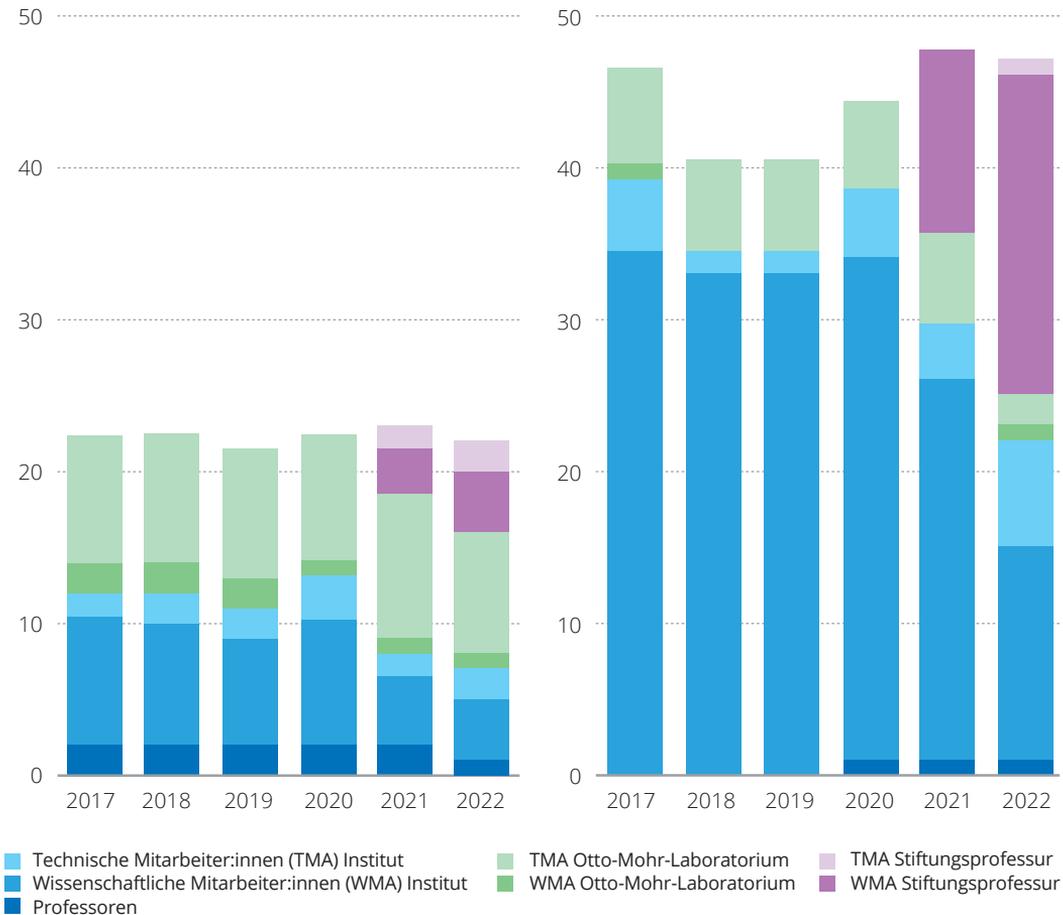
■ Drittmittelausgaben in den Jahren 2018–2022

	2018	2019	2020	2021	2022
DFG	544.527 €	508.215 €	1.114.274 €	2.471.646 €	3.358.862 €
Bund/Länder	2.546.094 €	2.622.901 €	3.518.476 €	4.941.603 €	3.762.146 €
Stiftungen	-	-	120.888 €	341.469 €	208.544 €
Industrie	164.539 €	209.825 €	402.712 €	277.955 €	733.715 €
Gesamt	3.255.161 €	3.340.941 €	5.156.350 €	8.032.673 €	8.063.267 €

■ Personalentwicklung (Stand vom 31.12.2022)

Stellen aus Haushaltsmitteln finanziert

Stellen aus Drittmitteln finanziert



■ Forschungsprojekte

Im Folgenden sind die Forschungsprojekte aufgelistet, welche durch das Institut für Massivbau 2022 bearbeitet wurden.

► **Koordination, zentrale Aufgaben und Öffentlichkeitsarbeit des SPP 1542**

Förderung: DFG (SPP 1542)
 Laufzeit: 07/2011 – 09/2014 – Phase 1
 10/2014 – 03/2022 – Phase 2

► **Verbund zwischen Beton und Bewehrungsstahl bei hohen Belastungsgeschwindigkeiten**

Förderung: BMUV
 Laufzeit: 10/2014 – 12/2017 – Phase 1
 05/2018 – 04/2022 – Phase 2

► **Willy Gehler (1876–1953) – Spitzenforschung, politische Selbstmobilisierung und historische Rezeption eines bedeutenden Bauingenieurs und Hochschullehrers im „Jahrhundert der Extreme“**

Förderung: DFG
 Laufzeit: 11/2014 – 10/2017 – Phase 1
 11/2018 – 09/2022 – Phase 2

► **Experimentelle Untersuchungen des Tragverhaltens von Textilbeton unter einaxialer Druckbeanspruchung**

Förderung: DFG
 Laufzeit: 09/2015 – 05/2018 – Phase 1
 03/2019 – 05/2023 – Phase 2: Einfluss biaxialer Lasteintragung

► **Einfluss lastinduzierter Temperaturfelder auf das Ermüdungsverhalten von UHPC bei Druckschwellbelastung**

Förderung: DFG (SPP 2020)
 Laufzeit: 09/2017 – 03/2022

► **C3-V3.1: Ergebnishaushaus des C³-Projektes – CUBE**

TP C3-V3.1-I: Weiterentwicklung, Untersuchung und Nachweisführung von Bauteilen und Tragwerken aus Carbonbeton sowie wissenschaftliche Begleitung von Entwurfs-, Konstruktions- und Bauüberwachungsprozessen im Carbonbetonbau

Förderung: BMBF (C³)
 Laufzeit: 09/2017 – 09/2022

► **DiMaRB: Digitale Instandhaltung von Eisenbahnbrücken**

Förderung: BMDV
 Laufzeit: 09/2018 – 02/2022

► **Mitarbeit bei der DAfStb-Richtlinie „Betonbauteile mit nichtmetallischer Bewehrung“**

Förderung: Institut für Massivbau, TU Dresden
 Laufzeit: seit 2018 fortlaufend

► **C3-L9: Regelwerke**

TP C3-L9-II: Zusammenführung und Erstellung von Sicherheits- und Bemessungskonzepten für Carbonbeton zur Erstellung eines normativen Regelwerkes

Förderung: BMBF (C³)
 Laufzeit: 05/2019 – 09/2022

► **CARBONBETONTECHNIKUM DEUTSCHLAND – Prüflabor**

Förderung: BMBF (C³)
 Laufzeit: 05/2019 – **04/2022**

► **C3-V3.5: C3-Final – Einleitung des Paradigmenwechsels**

TP C3-V3.5-I: Entwicklung und beispielhafte Umsetzung eines neuartigen Innovationsdurchführungskonzeptes zur Einleitung eines Paradigmenwechsels im Bauwesen

Förderung: BMBF (C³)
 Laufzeit: 07/2019 – 09/2022

► **Numerische und experimentelle Untersuchungen zu den Spannungsumlagerungen von ermüdungsbeanspruchten Betonbauteilen im Very-High-Cycle-Fatigue-Bereich**

Förderung: DFG
 Laufzeit: 09/2019 – 06/2023

► **DeepCsolution: Druckgehäuse aus ultrahochfestem Beton für die Meerestechnik**

TP Untersuchung von UHPC und UHPC-Druckgehäusen unter stoßartiger Belastung, Langzeitbelastung und mehraxialer Beanspruchung

Förderung: BMWK
 Laufzeit: 12/2019 – 06/2023

► **ResoWind: Resonanzbasierte Prüfmethode für kosten- und zeitoptimierte Lebensdaueruntersuchungen an Tragstrukturelementen von Windenergieanlagen**

TP ABT.Reso.TUD: Entwicklung und Optimierung resonanzbasierter Prüfmethode für axial- und biegebeanspruchte Tragstrukturelemente

Förderung: BMWK
 Laufzeit: 12/2019 – 11/2022

► **Fahrbahnwannen auf Gewölbebrücken**

Förderung: DB Netz AG
 Laufzeit: 01/2020 – 12/2023

► **Untersuchung der Rissbreitenentwicklung von Stahlbeton unter Langzeitbelastung anhand lokaler Verbundbeziehungen – KEK**

Förderung: BMUV
 Laufzeit: 03/2020 – 02/2023

► **Entwicklung neuartiger praxistauglicher Verankerungs- und Übergreifungslösungen von Bewehrung aus Faserverbundkunststoff**

Förderung: BBSR
 Laufzeit: 03/2020 – 05/2022

► **A5/II: Verstärkung von flächigen, bügelbewehrten Massivbauelementen gegen Impakt auf der impaktabgewandten Seite**

Förderung: DFG (GRK 2250)
 Laufzeit: 05/2020 – 04/2023 (2. Kohorte)

► **A6/II: Charakterisierung von mineralisch gebundenen Kompositen als Dämpfungsschichten für die Impaktverstärkung flächiger Massivbauelemente**

Förderung: DFG (GRK 2250)
 Laufzeit: 05/2020 – 04/2023 (2. Kohorte)

► **C01: Auflösung kompakter Bauteile mittels sich durchdringender, lastabtragender schalenförmiger Strukturen**

Förderung: DFG (SFB/TRR 280)
 Laufzeit: 07/2020 – 06/2024

► **C04: Stabilität und Quasiduktilität von dünnwandigen Carbonbetonbauteilen**

Förderung: DFG (SFB/TRR 280)
 Laufzeit: 07/2020 – 06/2024

► **Ö: Vision, Assoziation, Kommunikation für nachhaltige Bauweisen der Zukunft**

Förderung: DFG (SFB/TRR 280)
 Laufzeit: 07/2020 – 06/2024

► **Z: Zentrale Aufgaben des SFB/TRR**

Förderung: DFG (SFB/TRR 280)
 Laufzeit: 07/2020 – 06/2024

► **KISWind: KI-unterstütztes Schallemissionsmonitoring zur automatischen Schadenserkenkung in Tragstrukturen von Windenergieanlagen**

TP Experimentelle Untersuchungen und Datenbasis (ExData)

Förderung: BMWK
 Laufzeit: 07/2020 – 06/2023

► **Wissenschaftliche Begleitung und Beratung zur Minimierung der Anzahl der erforderlichen Schienenauszüge**

Förderung: DB Netz AG
 Laufzeit: 07/2020 – 12/2022

► **Einfluss der Beanspruchungsgeschwindigkeit und der Belastungsfrequenz auf den Ermüdungswiderstand von Beton (EBBE-Beton)**

Förderung: DFG
 Laufzeit: 08/2020 – 07/2023

► **Einsatz von Carbonbeton im Wald- und Forstwegebau in Sachsen**

Förderung: PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH
 Laufzeit: 08/2020 – 12/2022

► **Eisenbahnbrücken – Denkmale im Netz**

Förderung: DFG (SPP 2255)
 Laufzeit: 10/2020 – 09/2023

► **High-temperature protective hybrid impregnation and coating for carbon reinforcement in concrete structures**

Förderung: DFG
 Laufzeit: 10/2020 – 09/2023

► **CC-Mesh: Symbiose zweier Gegensätze – Transfer von innovativen Entwurfs- und Bewehrungskonzepten (CARBCO-Mesh) aus dem Leichtbau in den Betonbau**

TP C-IMB

Förderung: BMWK
 Laufzeit: 11/2020 – 10/2023

► **EDISON-rCF: Energieeffizienter und werkstoffgerechter Recyclingprozess von carbonfaserverstärkten Kunststoffen von der Wertstoffaufbereitung bis hin zum neuen Bauteil unter Anwendung eines innovativen Solvolyseprozesses sowie der Entwicklung und Herstellung neuartiger standardisierter quasi-unidirektionaler Halbzeuge**

TP Bewehrungsentwicklung und Charakterisierung stabförmiger Halbzeuge

Förderung: BMWK
 Laufzeit: 01/2021 – 12/2023

► **B01: Integrierter Entwurfsprozess für Offshore-Tragstrukturen**

Förderung: DFG (SFB 1463)
 Laufzeit: 01/2021 – 12/2024

► **C01: Robuste lebensdauerumfassende Monitoringkonzepte für Offshore-Windenergieanlagen**

Förderung: DFG (SFB 1463)
 Laufzeit: 01/2021 – 12/2024

► **iclimabuilt: Functional and advanced insulating and energy harvesting/storage materials across climate adaptive building envelopes**

TP PL4: Advanced cement/concrete-based materials for wall facades (textile-reinforced concrete/cellular lightweight concrete insulation)

Förderung: European Commission (Horizon 2020)
 Laufzeit: 03/2021 – 02/2025

► **Entwicklung von textilen 3D-Netzgitterträgern und deren Herstellungstechnologie für die effiziente Fertigung von leichten Carbonbetonfertigteilen**

Förderung: AiF
 Laufzeit: 05/2021 – 07/2023

► **C06: Chemische Vorspannung gefalteter und schalenförmiger Carbonbetonstrukturen**

Förderung: DFG (SFB/TRR 280)
 Laufzeit: 08/2021 – 06/2024

► **smart_tendon: Erfassung von Bauwerksdaten mittels in Spannglieder integrierter ortsauflösender Dehnungssensoren**

TP der TU Dresden

Förderung: BMDV
 Laufzeit: 11/2021 – 10/2024

► **mdfBIMplus: Teilautomatisierte Erstellung von objektbasierten Bestandsmodellen mittels Multi-Daten-Fusion multimodaler Datenströme und vorhandener Bestandsdaten**

TP der TU Dresden

Förderung: BMDV
 Laufzeit: 12/2021 – 11/2024

► **IDA-KI: Automatisierte Bewertung der Monitoringdaten von Infrastrukturbauwerken**

TP der TU Dresden

Förderung: BMDV
 Laufzeit: 01/2022 – 12/2024

► **ISC: Industriestandard Carbonbeton**

TP RUBIN-ISC III-a: Erarbeitung von Werkzeugen für die Planung und Dimensionierung von Carbonbetonteilen

Förderung: BMBF
 Laufzeit: 01/2022 – 12/2024

► **CRC-BoDeM: Verbund, Verformung und Rissbildung im Carbonbetonbau – Modelle und Nachweiskonzepte zur Überführung in die Baupraxis**

TP Nachweiskonzepte für die Übergreifung und Verankerung von nichtmetallischer Bewehrung und Regeln zur baulichen Durchbildung

Förderung: BMWK
 Laufzeit: 03/2022 – 02/2025

► **Ermüdungsuntersuchungen an Betonproben hergestellt aus vier unterschiedlichen Rezepturen**

Förderung: Firmengruppe Max Bögl
 Laufzeit: 03/2022 – 02/2023

► **WinConFat-Structure: Bauteilermüdung von Windenergieanlagen aus Stahlbeton und Spannbeton unter hochzyklischer Beanspruchung**

TP Ermüdungsverhalten von druckschwellbeanspruchtem Beton sowie Stahl- und Spannbetonbauteilen mit und ohne trockene Fugen

Förderung: BMWK
 Laufzeit: 05/2022 – 04/2025

► **Precast Quality: Entwicklung einer vollautomatisierten Qualitätskontrolle für Carbonbetonbauteile**

TP Analyse der Rolle qualitätssichernder Maßnahmen auf die Verteilung zulassungsrelevanter Kenngrößen für die Carbonbetonbauweise

Förderung: BMWK
 Laufzeit: 07/2022 – 12/2024

► **Koordinationsfonds**

Förderung: DFG (SPP 2388)
 Laufzeit: 08/2022 – 07/2025

► **Entwurfsmethodik für ein lebensdauerübergreifendes Bauwerksmonitoring bei unbekanntem Schadensprozess**

Förderung: DFG (SPP 2388)
 Laufzeit: 08/2022 – 07/2025

► **SMARTower: Bemessung und Lebensdauerüberwachung modularer Turmkonstruktionen für Windenergieanlagen**

TP Einfluss von Imperfektionen und Vertikalfugen auf das (Fugen-)Tragverhalten modularer Turmkonstruktionen für Windenergieanlagen

Förderung: BMWK
 Laufzeit: 08/2022 – 07/2025

► **Bauteilverhalten unter stoßartiger Beanspruchung durch aufprallende Behälter (Flugzeugtanks)**

TP in Phase 2: Betrachtung eines gekoppelten Impaktereignisses auf Stahlbetonstrukturen durch klein- und großmaßstäbliche Experimente

Förderung: BMUV
 Laufzeit: 07/2012 – 06/2020 (Phasen 1A–C)
 09/2022 – 08/2025 (Phase 2)

► **WIR-B1: Von der Recyclingfaser zum neuen Produkt**

WIRreFa-B1-TP1.1: Experimentelle und numerische Untersuchung von Betonkörpern

Förderung: BMBF
 Laufzeit: 12/2022 – 01/2024

Ausgewählte Publikationen

Becks, H.; Baktheer, A.; Marx, S.; Classen, M.; Hegger, J.; Chudoba, R.: Monitoring concept for the propagation of compressive fatigue in externally prestressed concrete beams using digital image correlation and fiber optic sensors. *Fatigue and Fracture of Engineering Materials and Structures* 46 (2022) 2, S. 514–526 – DOI: 10.1111/ffe.13881

Curbach, M. (Hrsg.): CUBE | Neues Bauen mit Carbonbeton | New Building with Carbon Concrete. Berlin: Wasmuth & Zohlen, 2022.

Curbach, M.; Müller, E.; Schumann, A.; May, S.; Wagner, J.; Schütze, E.: Verstärken mit Carbonbeton. In: Bergmeister, K.; Fingerloos, F.; Wörner, J.-D. (Hrsg.): *Beton-Kalender 2022*, Bd. 2, Kap. XII, Berlin: Wilhelm Ernst & Sohn, 2022, S. 761–804.

Haist, M.; Bergmeister, K.; Curbach, M.; Forman, P.; Gaganelis, G.; Gerlach, J.; Mark, P.; Moffatt, J.; Müller, C.; Müller, H. S.; Rainers, J.; Scope, C.; Tietze, M.; Voit, K.: Nachhaltig konstruieren und bauen mit Beton. In: Bergmeister, K.; Fingerloos, F.; Wörner, J.-D. (Hrsg.): *Beton-Kalender 2022*, Bd. 1, Kap. VII, Berlin: Wilhelm Ernst & Sohn, 2022, S. 421–531.

Herbers, M.; Wenner, M.; Marx, S.: A 576 m long creep and shrinkage specimen – Long-term deformation of a semi-integral concrete bridge with a massive solid cross-section. *Structural Concrete*, online first: 08.10.2022 – DOI: 10.1002/suco.202200599

Klein, F.; Marx, S.: Effects of warping shear deformation on the torsional load-bearing behaviour of assembled half-shell structures for wind energy towers. *Engineering Structures* 269 (2022), 114728 – DOI: 10.1016/j.engstruct.2022.114728

Kraft, R.; Kahnt, A.; Grauer, O.; Thieme, M.; Wolz, D. S.; Schlüter, D.; Tietze, M.; Curbach, M.; Holschemacher, K.; Jäger, H.; Böhm, R.: Advanced Carbon Reinforced Concrete Technologies for Façade Elements of Nearly Zero-Energy Buildings. *Materials* 15 (2022) 4, Special Issue Composite Materials for Nearly Zero Emission Applications, 1619 – DOI: 10.3390/ma15041619

Lorenzoni, R.; Lima, V. N.; Figueiredo, T. C. S. P.; Hering, M.; Paciornik, S.; Curbach, M.; Mechtcherine, V.; Silva, F. de A.: Macro and meso analysis of cement-based materials subjected to triaxial and uniaxial loading using X-ray microtomography and digital volume correlation. *Construction and Building Materials* 323 (2022) 3, 126558 – DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2022.126558

Penzel, P.; May, M.; Hahn, L.; Scheerer, S.; Michler, H.; Butler, M.; Waldmann, M.; Curbach, M.; Cherif, C.; Mechtcherine, V.: Bond Modification of Carbon Rovings through Profiling. *Materials* 15 (2022) 16, Special Issue “Repair and Strengthening of Existing Reinforced Concrete Structures”, 5581 – DOI: 10.3390/ma15165581

Scheerer, S.; Curbach, M. (Hrsg.): SPP 1542: Leicht Bauen mit Beton : Grundlagen für das Bauen der Zukunft mit bionischen und mathematischen Entwurfsprinzipien (Abschlussbericht) | SPP 1542: Concrete Light : Future Concrete Structures using Bionic, Mathematical and Engineering Formfinding Principles (Final Report). Dresden: Institut für Massivbau der TU Dresden, 2022, 800 S. – DOI: 10.25368/2022.162

Leistungen in der Lehre

Lehrveranstaltungen im Wintersemester 2021/2022

Veranstaltung	Art	Sem.	Vortragende/Betreuende	SWS	Studiengang
Stahlbetonbau	V/Ü	5.	Speck, Bartels, Schramm	1/1	BIW
Mauerwerksbau	V	5.	Schöps	1	BIW
Entwurf von Massivbauwerken	V	7.	Marx, Monka-Birkner	2	BIW
Verstärken von Massivbauwerken	V	7.	Marx, Betz, Pelka	2	BIW
Massivbrückenbau	V	7.	Marx, Herbers, Kang	2	BIW
Nachhaltige Tragwerksplanung	V	7.	Speck	1	BIW, EW

Lehrveranstaltungen im Sommersemester 2022					
Veranstaltung	Art	Sem.	Vortragende/Betreuende	SWS	Studiengang
Stahlbetonbau	V	4.	Speck	2	BIW
Stahlbetonbau	V/Ü	6.	Speck, Bartels, Schramm	2/2	BIW
Stahlbetonkonstruktionslehre	V/Ü	6.	Speck, Michler, Giese, Füll, Baumgärtel	2/1	BIW
Entwurf von Massivbauwerken	V/Ü	8.	Monka-Birkner, Beltrán, Gebauer, Gündogdu, Herbers, Michler, Scheerer, Schubert, Speck, Xu	1/3	BIW
Verstärken von Massivbauwerken	Ü	8.	Marx, Betz, Pelka	1,5	BIW
Mess- und Versuchstechnik	V/Ü	8.	Hampel, Hering	1/0,5	BIW
Spezialbauwerke des Wasserbaus	V	8.	Marx, Baumgärtel	1	BIW
<i>Design of Concrete Structures</i>	V/Ü	2.	<i>Garibaldi, Vakaliuk</i>	2/1	ACCESS
<i>Cable stayed bridges</i>	V/Ü	2.	<i>Svensson, Kang</i>	2/1	ACCESS

Studienjahr	13/14	14/15	15/16	16/17	17/18	18/19	19/20	20/21	21/22
Projektarbeiten	17	22	13	12	24	20	12	19	26
<i>Project Works</i>	11	16	7	17	10	2	2	2	7
Bachelorarbeiten	-	1	-	-	-	-	1	2	1
Diplomarbeiten	19	17	26	15	10	28	17	14	26
<i>Master's Theses</i>	12	10	15	9	19	5	3	2	4

■ Wissenschaftlicher Nachwuchs

Promotionen am Institut für Massivbau 2022

Angela Schmidt

Formoptimierung von Druckgliedern aus Beton und Stahlbeton

Melchior Deutscher

Berücksichtigung von Temperaturfeldern bei Ermüdungsversuchen an UHPC

Anzahl der Promotionen als Erstgutachter 2014 2022

2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
4	2	1	3	2	2	5	11	2

Anzahl der Promotionen als Zweit- oder Drittgutachter 2014 2022

1	1	1	5	-	-	-	1	3
---	---	---	---	---	---	---	---	---

■ Austausch und Zusammenarbeit

Der Institutsdirektor und Inhaber des Lehrstuhls für Massivbau, Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. **Manfred Curbach**, ist Mitglied in zahlreichen Gremien:

- Head of delegation fib Deutschland,
- Convener der fib Task Group 1.6 History of Concrete Structures,
- Convener der fib Task Group 2.10 Textile Reinforced Concrete Construction and Design,
- Mitglied in ACI, ASCE, DAfStb, IngKammer, PCI, RILEM, VDI, VPI,
- Mitglied des Forschungsbeirats des DAfStb
- Mitglied des Arbeitsausschusses „Bemessung und Konstruktion“ des DIN,
- Mitglied des wissenschaftlichen Beirats der Zeitschrift „Beton- und Stahlbetonbau“,
- Mitglied des Forschungsbeirates der TU Kaiserslautern,
- Mitglied der Ständigen Kommission für Forschung und wissenschaftlichen Nachwuchs der Hochschulrektorenkonferenz (HRK),
- Mitglied in der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina,
- Ordentliches Mitglied in der Technikwissenschaftlichen Klasse der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig
- Mitglied der Thüringer Programmkommission (TMWWDG),
- Vorsitzender des Wissenschaftlichen Beirats der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW),
- Mitglied im Advisory Board von structure – Zeitschrift für Tragwerksplanung und Ingenieurbau,

- Mitglied im Editorial Board der Zeitschrift „Civil Engineering Design“,
- Mitglied in der acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften,
- Korrespondierendes Mitglied in der Klasse für Ingenieurwissenschaften der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft.

Prof. Dr.-Ing. **Steffen Marx** ist Inhaber der DB Netz AG – Stiftungsprofessur für Ingenieurbau und

- Mitglied im Fachkollegium 410 der DFG,
- Member of fib Task group “Bridges”,
- Convener of fib WP “High Speed Railway Bridges”,
- Member of fib WP “Integral Bridges”,
- Mitglied des wissenschaftlichen Beirats der Zeitschrift „Bautechnik“,
- Mitglied des Beirats der Bundesstiftung Baukultur,
- Obmann des DAfStb UA „Bewertung von Bestandsbauwerken“,
- Mitglied im DAfStb TA „Bemessung und Konstruktion“,
- Mitglied im CEN/TC 250/SC2/WG1/TG3,
- Mitglied in fib, iabse, DAfStb sowie
- Vorsitzender der Berufungskommission „Pavement Engineering“.



Die ehemalige Institutsbibliothek im Beyer-Bau | *The former institute library in the Beyer Building* | Photo: Ulrich van Stipriaan

PUBLIKATIONEN

■ Monografien

Curbach, M. (Hrsg.): CUBE | Neues Bauen mit Carbonbeton | New Building with Carbon Concrete. Berlin: Wasmuth & Zohlen, 2022.

Curbach, M.; Marx, S. (Hrsg.): Jahresbericht 2021, Dresden: Institut für Massivbau der TU Dresden, 2022, 200 S.

Curbach, M.; Marx, S. (Hrsg.): Tagungsband zum 31. Dresdner Brückenbausymposium. 07./08.06.2022 in Dresden, Dresden: Institut für Massivbau der TU Dresden, 2022, 224 S.

Curbach, M.; Marx, S.; Mechtcherine, V. (Hrsg.): Beiträge zum 61. Forschungskolloquium mit 9. Jahrestagung des DAfStb. 26./27.09.2017 in Dresden, Dresden: Technische Universität Dresden, 2022, 184 S. – DOI: 10.25368/2022.369

Frenzel, M.: Zum Tragverhalten von leichten, geschichteten Betondecken. Diss., TU Dresden, Promotionsverteidigung 2021, erschienen 2022 unter <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa2-787009> und in Curbach, M. et al. (Hrsg.): Schriftenreihe konstruktiver Ingenieurbau kid, Heft 62, Dresden: Institut für Massivbau der TU Dresden.

Holz, K.: Carbonbeton unter Hochtemperaturbeanspruchung. Diss., TU Dresden, Promotionsverteidigung 2021, erschienen 2022 unter <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa2-780298> und in Curbach, M. et al. (Hrsg.): Schriftenreihe konstruktiver Ingenieurbau kid, Heft 64, Dresden: Institut für Massivbau der TU Dresden.

Kang, D.: Rail track resistance verification considering track-bridge-interaction. Diss., TU Dresden, Promotionsverteidigung 2021, erschienen 2021 unter <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa2-767262> und 2022 in Curbach, M. et al. (Hrsg.): Schriftenreihe konstruktiver Ingenieurbau kid, Heft 61, Dresden: Institut für Massivbau der TU Dresden.

Mosig, O.: Einfluss von Poren und Porenwasser auf die Festigkeitssteigerung von Beton unter hohen Belastungsgeschwindigkeiten. Diss., TU Dresden, Promotionsverteidigung 2021, erschienen 2021 unter <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa2-7693582022> und 2022 in Curbach, M. et al. (Hrsg.): Schriftenreihe konstruktiver Ingenieurbau kid, Heft 60, Dresden: Institut für Massivbau der TU Dresden.

Scheerer, S.; Curbach, M. (Hrsg.): SPP 1542: Leicht Bauen mit Beton : Grundlagen für das Bauen der Zukunft mit bionischen und mathematischen Entwurfsprinzipien (Abschlussbericht) | SPP 1542: Concrete Light : Future Concrete Structures using Bionic, Mathematical and Engineering Formfinding Principles (Final Report). Dresden: Dresden: Institut für Massivbau der TU Dresden, 2022, 800 S. – DOI: 10.25368/2022.162

Schmidt, A.: Formoptimierung von Druckgliedern aus Beton und Stahlbeton. Diss., TU Dresden, Promotionsverteidigung 2022, erschienen 2022 unter <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa2-821861> und in Curbach, M. et al. (Hrsg.): Schriftenreihe konstruktiver Ingenieurbau kid, Heft 65, Dresden: Institut für Massivbau der TU Dresden.

Steinbock, O.: Verstärkung von Stahl- und Spannbetonbrücken mit Carbonbeton. Diss., TU Dresden, Promotionsverteidigung 2021, erschienen 2022 unter <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa2-788778> und in Curbach, M. et al. (Hrsg.): Schriftenreihe konstruktiver Ingenieurbau kid, Heft 63, Dresden: Institut für Massivbau der TU Dresden.

■ Ausgewählte Forschungsberichte

Leicht, L.; Máca, P.; Beckmann, B.; Curbach, M.: Verbund zwischen Beton und Bewehrungsstahl bei hohen Belastungsgeschwindigkeiten – Phase 2. Abschlussbericht zum Reaktorsicherheitsforschungs-Vorhaben Nr. 1501566, gefördert durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, Institut für Massivbau der TU Dresden, 2022, 198 S.

Naraniecki, H.; Hartung, R.; Wedel, F.; Bartels, J.-H.; Herbers, M.; Faltin, F.; Pullmann, T.; Koca, M.; Müller, J.; Böse, G.; Friese, M.; Wiedmann, M.; Sansarci, S.; Simroth, A.; Schmidt, B.; Klemt-Albert, K.; Marx, S.; Hahn, O.: Digitale Instandhaltung von Eisenbahnbrücken. Schlussbericht zum mFUND-Forschungsvorhaben FKZ: 19F2075, gefördert durch das Bundesministerium für Digitales und Verkehr, Institut für Massivbau der Leibniz Universität Hannover, 2022, 106 S.

■ Beiträge in Fachzeitschriften

Alzabeebee, S.; Dhahir, M.; Keawsawavong, S.: Predictive model for the shear strength of concrete beams reinforced with longitudinal FRP bars. *Structural Engineering and Mechanics* 84 (2022) 2, S. 143–154 – DOI: 10.12989/sem.2022.84.2.143

Amer, M. Z.: Characteristics of carbon reinforced concrete – Single-sided short time textile pull-out (SPO) Experiments. *Journal of Engineering Sciences and Information Technology* 6 (2022) 3, S. 124–147 – DOI: 10.26389/AJSRP.R141021

Amer, Z.: Carbon concrete – the creative building material – its properties and performance indicators in strengthening the elements of structures. *Journal of Engineering Sciences and Information Technology* 6 (2022) 1, S. 46–77 – DOI: 10.26389/AJSRP.R280721

Bartels, J.-H.; Naraniecki, H.; Marx, S.: Schadenspriorisierungsanalyse bei Eisenbahnbrücken – Priorisierung von Brückenschäden bei der Deutschen Bahn nach dem Prinzip der FMEA. *Bautechnik* 99 (2022) 11, S. 825–834 – DOI: 10.1002/bate.202100119

Becks, H.; Baktheer, A.; Marx, S.; Classen, M.; Hegger, J.; Chudoba, R.: Monitoring concept for the propagation of compressive fatigue in externally prestressed concrete beams using digital image correlation and fiber optic sensors. *Fatigue and Fracture of Engineering Materials and Structures* 46 (2022) 2, S. 514–526 – DOI: 10.1111/ffe.13881

Curbach, M.; Beckmann, B.: Die Idee des LAB – Lausitz Art of Building – Notwendigkeit und Chance für Hochtechnologieforchung im Bauen. *nbau. Nachhaltig Bauen* (2022) 1, S. 47–50.

Deutscher, M.; Markert, M.; Scheerer, S.: Influence of temperature on the compressive strength of high performance and ultra-high performance concretes. *Structural Concrete* 23 (2022) 4, S. 2381–2390 – DOI: 10.1002/suco.202100153

El Ghadioui, R.; Wagner, J.; Klein, J.; Proske, T.; Curbach, M.; Graubner, C.-A.: RC members with a flexural-strengthening layer of CFRP textile-reinforced concrete under monotonic and cyclic long-term loading. *Structural Concrete* 23 (2022) 2, S. 939–953 – DOI: 10.1002/suco.202100452

Farwig, K.; Schulte-Schrepping, C.; Curbach M.; Breitenbücher, R.: Investigation on the crack formation in carbon concrete for the use in deck caps on cantilever slabs of bridges. *Structural Concrete*, online first: 09.09.2022 – DOI: 10.1002/suco.202200298

Figueiredo, T. C. S.P.; Cassio, M. R. G.; Hering, M.; Curosu, I.; Curbach, M.; Mechtcherine, V.; Silva, F. de A.: Experimental modal analysis of RC beams strengthened with SHCC subjected to shear under impact strain rates. *Engineering Structures* 264 (2022), 114459 – DOI: 10.1016/j.engstruct.2022.114459

Frenzel, M.; Curbach M.: Analyse und Optimierung des Tragverhaltens punktgestützter, zweiachsig gespannter Betondeckenplatten. *Der Prüflingenieur* (2022) 61, S. 53–61.

Fürll, F.; Klein, F.; Betz, T.; Marx, S.: Einfluss von Imperfektionen auf die Fugentragfähigkeit torsionsbeanspruchter Kreisringsegmente. *Beton- und Stahlbetonbau* 117 (2022) 8, S. 590–599 – DOI: 10.1002/best.202200038

Hatzfeld, T.; Schlüter, D.; Scope, C.; Krois, K.; Guenther, E.; Etzold, B.; Curbach, M.: Rethinking residential energy storage: GHG minimization potential of a Carbon Reinforced Concrete facade with function integrated supercapacitors. *Building and Environment* 224 (2022), 109520 – DOI: 10.1016/j.buildenv.2022.109520

Herbers, M.; Wenner, M.; Marx, S.: A 576 m long creep and shrinkage specimen – Long-term deformation of a semi-integral concrete bridge with a massive solid cross-section. *Structural Concrete*, online first: 08.10.2022 – DOI: 10.1002/suco.202200599

Herbrand, M.; Lazoglu, A.; Ullerich, C.; Marx, S.; Zehetmaier, G.: Aggregation von Zustandsindikatoren aus Inspektions- und Monitoringdaten im Brückenbau. *Bautechnik* 99 (2022) 2, S. 95–103 – DOI: 10.1002/bate.202100095

Hering, M.; Wilhelm, S.; Wasemann, H.; Bergholz, M.; Beckmann, B.; Curbach, M.: Ein UHPC findet Anwendung in der Tiefseeforschung – Festigkeitskennwerte. *Beton- und Stahlbetonbau*, online first: 13.12.2022 – DOI: 10.1002/best.202200095

Käding, M.; Schacht, G.; Marx, S.: Acoustic Emission analysis of a comprehensive database of wire breaks in prestressed concrete girders. *Engineering Structures* 270 (2022), 114846 – DOI: 10.1016/j.engstruct.2022.114846

Kaplan, F.; Steinbock, O.; Saloga, K.; Ebell, G.; Schmidt, S.: Überwachung der Brücke am Altstädter Bahnhof. *Bautechnik* 99 (2022) 3, S. 222–230 – DOI: 10.1002/bate.202200008

Klein, F.; Fürll, F.; Betz, T.; Marx, S.: Experimental study on the joint bearing behavior of segmented tower structures subjected to normal and bending shear loads. *Structural Concrete* 23 (2022) 3, S. 1370–1384 – DOI: 10.1002/suco.202100710

Klein, F.; Marx, S.: Effects of warping shear deformation on the torsional load-bearing behaviour of assembled half-shell structures for wind energy towers. *Engineering Structures* 269 (2022), 114728 – DOI: 10.1016/j.engstruct.2022.114728

Knufinke, U.; Krafczyk, C.; Marx, S.; Monka-Birkner, J.; Reinäcker, M.: Eisenbahnbrücken als »Denkmale im Netz« – Neue Ansätze für die Inventarisierung? *Die Denkmalpflege* 80 (2022), S. 155–161 – DOI: 10.1515/DKP-2022-2012

Kraft, R.; Kahnt, A.; Grauer, O.; Thieme, M.; Wolz, D. S.; Schlüter, D.; Tietze, M.; Curbach, M.; Holschemacher, K.; Jäger, H.; Böhm, R.: Advanced Carbon Reinforced Concrete Technologies for Façade Elements of Nearly Zero-Energy Buildings. *Materials* 15 (2022) 4, Special Issue Composite Materials for Nearly Zero Emission Applications, 1619 – DOI: 10.3390/ma15041619

Kranich, S.; Schladitz, F.: C³ – Carbon Concrete Composite – Vom größten Bauforschungsprojekt zum bedeutendsten Verband für Carbonbetonbau. *Beton- und Stahlbetonbau, Sonderheft CUBE Das Carbonbetonhaus*, online first: 27.12.2022 – DOI: 10.1002/best.202200120

Leicht, L.; Fila, T.; Maca, P.; Curbach M.: Dynamic beam-end tests: Investigation using split Hopkinson bar. *International Journal of Impact Engineering*, online first: 26.10.2022 – DOI: 10.1016/j.ijimpeng.2022.104417

Leicht, L.; Roberts-Wollmann, C. L.; Koutromanos, I.; Hebdon, M. H.; Mosig, O.: Experimental and Analytical Investigation of a 64-year Old Prestressed Beam Retrofitted with External Post-Tensioning. *Journal of Bridge Engineering* 27 (2022) 4 – DOI: 10.1061/(ASCE)BE.1943-5592.0001854

Lorenzoni, R.; Lima, V. N.; Figueiredo, T. C. S. P.; Hering, M.; Paciornik, S.; Curbach, M.; Mechtcherine, V.; Silva, F. de A.: Macro and meso analysis of cement-based materials subjected to triaxial and uniaxial loading using X-ray microtomography and digital volume correlation. *Construction and Building Materials* 323 (2022) 3, 126558 – DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2022.126558

Michler, H.; Scheerer, S.; Burgard, S.; Kalbe, H.; Curbach, M.: Non-metallic reinforcement at the cap widening of Carola Bridge in Dresden. *CEND 4* (2022) 4, S. 131–140 – DOI: 10.1002/cend.202100046

Monka, J.; Pelka, C.; Marx, S.: Die Eisenbahnüberführung Afferde – eine von Tausenden?! *Berichte zur Denkmalpflege in Niedersachsen* 42 (2022), S. 31–35 – URL: <https://denkmalpflege.niedersachsen.de/aktuelles/publikationen/berichte-zur-denkmalpflege-in-niedersachsen-heft-1-2022-212068.html>

Naraniecki, H.; Hartung, R.; Marx, S.; Klemt-Albert, K.: Zustandsprognose von Ingenieurbauwerken auf Basis von digitalen Zwillingen und Bestandsdaten. *Bautechnik* 99 (2022) 3, S. 173–181 – DOI: 10.1002/bate.202100100

Pelka, C.; Mölter, T.; Marx, S.: Fahrbahnplattensysteme auf historischen Eisenbahngewölbebrücken. *Eisenbahningenieur* (2022) 05, S. 70–76 – URL: <https://eurailpress.de/archiv/eisenbahnbruecken.de>

Pelka, C.; Wroblewski, S.: Fahrbahnplatten auf historischen Gewölbebrücken – Innovationen Infrastruktur. *Eisenbahntechnische Rundschau* (2022) 7+8, S. 20–25

Penzel, P.; May, M.; Hahn, L.; Cherif, C.; Curbach, M.; Mechtcherine, V.: Tetrahedral profiled carbon rovings for concrete reinforcements. *Solid State Phenomena* 333 (2022), S. 173–182 – DOI: 10.4028/p-mcb200

Penzel, P.; May, M.; Hahn, L.; Scheerer, S.; Michler, H.; Butler, M.; Waldmann, M.; Curbach, M.; Cherif, C.; Mechtcherine, V.: Bond Modification of Carbon Rovings through Profiling. *Materials* 15 (2022) 16, Special Issue “Repair and Strengthening of Existing Reinforced Concrete Structures”, 5581 – DOI: 10.3390/ma15165581

Pirskawetz, S.; Steinbock, O.; Hille, F.; Schmidt, S.; Hoffmann, D.: Erfahrungen aus dem Rückbau der Brücke am Altstädter Bahnhof in der Stadt Brandenburg – Teil 2: Schadensmonitoring bei zerstörenden Versuchen. *Beton- und Stahlbetonbau* 117 (2022) 7, S. 581–589 – DOI: 10.1002/best.202200052

Schacht, G.; Barr, C.; Diers, J.; Fritsch, C.; Marx, S.: Der Bauwerkszustand als Herausforderung für die Rückbauplanung – Methoden und Empfehlungen für erforderliche Untersuchungen. *Beton- und Stahlbetonbau*, online first: 05.12.2022 – DOI: 10.1002/best.202200099

Steinbock, O.; Bösch, T.; Ebell, G.; Kaplan, F.; Marzahn, G.: Erfahrungen aus dem Rückbau der Brücke am Altstädter Bahnhof in der Stadt Brandenburg – Teil 1: Untersuchung und Erkenntnisse zum Ankündungsverhalten bei großformatigen Spanngliedern mit spannungsrissskorrosionsgefährdetem Spannstahl. *Beton- und Stahlbetonbau* 117 (2022) 7, S. 572–580 – DOI: 10.1002/best.202200051

Tietze, M.; Kirmse, S.; Kahnt, A.; Schladitz, F.; Curbach, M.: The ecological and economic advantages of carbon reinforced concrete – Using the C³ result house CUBE especially the BOX value chain as an example. *Civil Engineering Design* 4 (2022) 1–3, S. 79–88 – DOI: 10.1002/cend.202200001

Vakaliuk, I.: Modellierung der TWIST-Schale des CUBE. *Beton- und Stahlbetonbau, Sonderheft CUBE Das Carbonbetonhaus*, online first: 14.12.2022 – DOI: 10.1002/best.202200104

Vogdt, F. D.; Speck, K.; Petryna, Y.; Curbach, M.; Loutfi, J.: Experimentell gewonnene Erkenntnisse zur Plastizität von Beton unter multiaxialen Druck. *Beton- und Stahlbetonbau* 117 (2022) 1, S. 3–11 – DOI: 10.1002/best.202100074

Wagner, J.; Würgau, C.; Schumann, A.; Schütze, E.; Ehlig, D.; Nietner, L.; Curbach, M.: Strengthening of Reinforced Concrete Structures with Carbon Reinforced Concrete – Possibilities and Challenges. *CivilEng* 3 (2022) 2, Special Issue Flexural Strengthening of Reinforced Concrete Beams, S. 400–426 – DOI: 10.3390/civileng3020024

Wedel, F.; Marx, S.: Application of machine learning methods on real bridge monitoring data. *Engineering Structures* 250 (2022), 113365 – DOI: 10.1016/j.engstruct.2021.113365

Zanuy, C.; Ulzurrun, G. S. D.; Curbach, M.: Experimental determination of sectional forces in impact tests: Application to composite RC-HPFRCC beams. *Engineering Structures* 256 (2022), 114004 – DOI: 10.1016/j.engstruct.2022.114004

Zdanowicz, K.; Beckmann, B.; Marx, S.: Distributed strain measurements in thin expansive concrete slabs with biaxial textile reinforcement. *Civil Engineering Design* 4 (2022) 5–6, S. 154–161 – DOI: 10.1002/cend.202200002

Zdanowicz, K.; Gebauer, D.; Koschemann, M.; Speck, K.; Steinbock, O.; Beckmann, B.; Marx, S.: Distributed fibre optic sensors for measuring strains of concrete, steel and textile reinforcement: possible fields of application. *Structural Concrete* 23 (2022) 6, S. 3367–3382 – DOI: 10.1002/suco.202100689

Zdanowicz, K.; Marx, S.: Flexural behaviour of thin textile reinforced concrete slabs enhanced by chemical prestressing. *Engineering Structures* 256 (2022), 113946 – DOI: 10.1016/j.engstruct.2022.113946

Zhou, J.; Stümpel, M.; Kang, C.; Marx, S.: Lap-spliced connections of steel and FRP bars in reinforced flexure concrete structures. *Engineering Structures* 263 (2022), 114409 – DOI: 10.1016/j.engstruct.2022.114409

■ Beiträge in Monografien

Beltrán, R.; Käding, M.: Schallbasierte Verfahren zur Bestandsüberwachung. In: Marx, S.; Hahn, O. (Hrsg.): *Digitaler Zwilling. Strategie für den Bestandserhalt*, DBV-Heft 51, Berlin: Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V., 2022, S. 49–51.

Curbach, M.; Müller, E.; Schumann, A.; May, S.; Wagner, J.; Schütze, E.: Verstärken mit Carbonbeton. In: Bergmeister, K.; Fingerloos, F.; Wörner, J.-D. (Hrsg.): *Beton-Kalender 2022*, Bd. 2, Kap. XII, Berlin: Wilhelm Ernst & Sohn, 2022, S. 761–804.

Greene, G.; Reineck, K.-H.; Fitik, B.; Frenzel, M.; Javidmehr S.: Part 7.1: Database with shear tests on lightweight reinforced concrete beams without stirrups subjected to point loads. In: Reineck, K.-H.; Fitik B. (Hrsg.): *ACI-DAFStb databdata 2020 with shear tests on structural concrete members without stirrups*, Volume 2: Part 2.6 to 7, erschienen in *Schriftenreihe des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAFStb)*, Heft 635-2 (en), Berlin: Beuth, 2022, S. 7.1-1–7.1.-32.

Haist, M.; Bergmeister, K.; Curbach, M.; Forman, P.; Gaganelis, G.; Gerlach, J.; Mark, P.; Moffatt, J.; Müller, C.; Müller, H. S.; Rainers, J.; Scope, C.; Tietze, M.; Voit, K.: Nachhaltig konstruieren und bauen mit Beton. In: Bergmeister, K.; Fingerloos, F.; Wörner, J.-D. (Hrsg.): *Beton-Kalender 2022*, Bd. 1, Kap. VII, Berlin: Wilhelm Ernst & Sohn, 2022, S. 421–531.

Marx, S.; Bolle, G.; Schacht, G.: Erläuterungen zur Richtlinie Belastungsversuche. In: Bergmeister, K.; Fingerloos, F.; Wörner, J.-D. (Hrsg.): *Beton-Kalender 2022*, Bd. 2, Kap. XIV, Berlin: Wilhelm Ernst & Sohn, 2022, S. 829–853.

Monka, J.; Schacht, G.; Marx, S.: Eisenbahngewölbebrücken in Sachsen. In: Schermer, D. C.; Brehm, E. (Hrsg.): *Mauerwerk-Kalender 2022*, Bd. 94, Berlin: Wilhelm Ernst & Sohn, 2022, S. 443–462 – DOI: 10.1002/9783433611029.ch14

Mosig, O.; Curbach, M.: Einfluss von Trocknung und Wasserlagerung auf die Druckfestigkeit von Beton unter hohen Dehnraten. In: Braml, T.; Brünig, M.; Kiendl, J.; Siebert, G.; Thienel, K.-Ch.; Gebbeken, N.; Keuser, M.; Mangerig, I. (Hrsg.): *Festschrift zum 70. Geburtstag von Prof. Dr.-Ing. Manfred Keuser*, erschienen in: *Universität der Bundeswehr München – Berichte aus dem Konstruktiven Ingenieurbau*, 2022, S. 99–106.

■ Beiträge im Abschlussbuch des SPP 1542

erschienen in: Scheerer, S.; Curbach, M. (Hrsg.): *SPP 1542: Leicht Bauen mit Beton. Grundlagen für das Bauen der Zukunft mit bionischen und mathematischen Entwurfsprinzipien (Abschlussbericht) | SPP 1542: Concrete Light. Future Concrete Structures using Bionic, Mathematical and Engineering Form-finding Principles (Final Report)*. Dresden: Institut für Massivbau der TU Dresden, 2022, 800 S. – DOI: 10.25368/2022.162

Frenzel, M.; Farwig, K.; Curbach, M.: Leichte Deckentragwerke aus geschichteten Hochleistungsbetonen | Lightweight ceiling structures made of layered high-performance concrete. S. 144–169 – DOI: 10.25368/2022.162

Koschemann, M.; Scheerer, S.: CarboLight Bridge – eine ultraleichte Konstruktion aus kohlefaserverstärktem und infraleichtem Beton | CarboLight Bridge – an ultra-lightweight construction made of carbon reinforced and infra-lightweight concrete for the German Museum in Munich. S. 686–699 – DOI: 10.25368/2022.162

Scheerer, S.; Beckmann, B.; Bielak, J.; Bosbach, S.; Schmidt, C.; Hegger, J.; Curbach, M.: SFB/TRR 280: Konstruktionsstrategien für materialminimierte Carbonbetonstrukturen – Grundlagen für eine neue Art zu bauen | CRC/Transregio 280: Design strategies for material-minimised carbon reinforced concrete structures – principles of a new approach to construction. S. 700–705 – DOI: 10.25368/2022.162

Scheerer, S.; Curbach, M.: Koordination des SPP 1542 | Coordination of SPP 1542. S. 774–799 – DOI: 10.25368/2022.162

Scheerer, S.; Curbach, M.: Vorwort | Preface. S. 13 – DOI: 10.25368/2022.162

Schmidt, A.; Curbach, M.: Querschnittsadaption für stabförmige Druckbauteile | Cross sectional adaption for rod-shaped elements in compression. S. 118–143 – DOI: 10.25368/2022.162

■ Beiträge im Buch CUBE | Neues Bauen mit Carbonbeton

erschienen in: Curbach, M. (Hrsg.): *CUBE | Neues Bauen mit Carbonbeton | New Building with Carbon Concrete*. Berlin: Wasmuth & Zohlen, 2022

Curbach, M.; Spindler, R.: Talk Concrete (Interview). S. 41–78.

Frenzel, M.: Dresdner Forschungsbau Cube – Das Form- und Raumkonzept | Dresden Research Building Cube – Form and Facility Concept. S. 26–36.

Kranich, S.: Der CUBE – Wie alles begann – die Entstehungsgeschichte eines besonderen Bauwerkes | The CUBE—How It All Began—The Story behind a Very Special Building. S. 14–17.

Scheerer, S.: Die kurze Geschichte des (Carbon-)Beton | A Brief History of (Carbon)Concrete. S. 180–197.

Tietze, M.: Nachhaltigkeit von Carbonbeton am Beispiel der Box-Fertigteilewand | Sustainability of Carbon Concrete—Example: Prefabricated Box Wall. S. 166–179.

■ Beiträge in Tagungsbänden

Beckmann, B.; Curbach, M.: Simulation of concrete fracture under high loading rates using discrete elements. In: da Silva, L. F. M.; Ferreira, A. (Hrsg.): *Book of abstracts of 1st Int. Conf. on Mechanics of Solids 2022 (MS 2022)*, 03./04.11.2022 in Porto (Portugal), Quântica Editora, Lda., 2022, S. 72.

Beltrán, R.; Marx, S.: Investigation of fatigue-induced changes to the ultrasonic wave propagation in concrete. In: *Proc. of Int. Symp. on Non-Destructive Testing in Civil Engineering (NDT-CE 2022)*, 16.–18.08.2022 in Zürich (Schweiz), erschienen in: *Spec. Issue of e-Journal of Nondestructive Testing (eJNDT)* 27 (2022) 9, 11 S.

Beltrán, R.; Marx, S.: Nonlinear ultrasonic measurements of the damage evolution of concrete samples during fatigue experiments. In: *Acoustical Society of America (Hrsg.): Proc. of 22nd Int. Symp. on Nonlinear Acoustics*, 04.–08.07.2022 in Oxford (UK), erschienen in: *Proc. of Meetings on Acoustics* 48 (2022) 1, 065001, 10 S. – DOI: 10.1121/2.0001681

Curbach, M.; Beckmann, B.: Materialminimierte Carbonbetonstrukturen – Überblick über die Forschung im SFB/TRR 280 | Material-minimized carbon-reinforced concrete structures – Overview of research in CRC/TRR 280. Beitrag zu den 66. BetonTagen, 21.–23.06.2022 in Ulm; erschienen in: BFT International 88 (2022) 6, S. 61.

Frenzel, M.; Curbach, M.: CUBE TWIST – Cube Twist: Dach-Wand-Konstruktion aus Carbonbeton – Planung und Ausführung | Cube Twist: Roof-wall structure made of carbonreinforced concrete – Design and construction. Beitrag zu den 66. BetonTagen, 21.–23.06.2022 in Ulm; erschienen in: BFT International 88 (2022) 6, S. 62.

Hering, M.; Wilhelm, S.; Curbach, M.; Wasemann, H.; Bergholz, M.; Wenzhöfer, F.; Frommhold, L.; Schütze, E.; Schumann, A.: DeepC3000 – large corrosion-free pressure housing made of ultra-high performance concrete (UHPC) for depths up to 3,000 m. In: IEEE (Hrsg.): Proc. of OCEANS'22, 17.–20.10.2022 in Virginia Beach (Virginia, USA), 2022, 6 S. – DOI: 10.1109/OCEANS47191.2022.9977258

Hering, M.; Wilhelm, S.; Curbach, M.: Druckgehäuse aus Ultrahochleistungsbeton (UHPC) für Tiefen bis zu 3000 m – DeepC3000. In: Berger, J. (Hrsg.): Innsbrucker Bautage 2022 – Festschrift zum 60. Geburtstag von Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Feix, 24./25.05.2022 in Innsbruck, Innsbruck: Studia Universitätsverlag Innsbruck 2022, S. 67–78.

Hinrichs, R.; Jiang, N.; Beltrán, R.; Krause, Th.; Käding, M.; Lange, A.; Schmidt, B.; Ostermann, J.; Marx, S.: Analysis of the Repeatability of the Pencil Lead Break in Comparison to the Ball Impact and Electromagnetic Body-Noise Actuator. In: Korean Society for Nondestructive Testing (Hrsg.): Proc. of 20th World Conf. on Non-Destructive Testing (WCNDT 2020), 30.05.–03.06.2022 in Incheon (Korea), 2022, 18 S.

Kaplan, F.; Steinbock, O.; Bösche, T.; Grune, M.: Sonderprogramm Plattenbrücken des Landesbetrieb Straßenwesen Brandenburg. In: Krieger, J.; Isecke, B. (Hrsg.): Tagungshandbuch zum 5. Brückenkolloquium, 21./22.06.2016 in Ostfildern, Ostfildern: TA Esslingen, 2022, S. 407–512.

Kaplan, F.; Steinbock, O.; Saloga, K.: Bauwerksschäden an der Brücke Altstädter Bahnhof, Brandenburg a. d. Havel. In: Krieger, J.; Isecke, B. (Hrsg.): Tagungshandbuch zum 5. Brückenkolloquium, 21./22.06.2016 in Ostfildern, Ostfildern: TA Esslingen, 2022, S. 543–548.

Koschemann, M.; Curbach, M.; Marx, S.: Bond behavior of high strength concrete under high cyclic pull-out loading. In: Hofmann J.; Plizzari, G. (Hrsg.): Bond, Anchorage, Detailing – Proc. of 5th Int. Conf. Bond in Concrete, 25.–27.07.2022 in Stuttgart, Stuttgart: Institute of Construction Materials, University of Stuttgart, 2022, S. 777–789 – DOI: 10.18419/opus-12271

Koschemann, M.; Curbach, M.; Marx, S.: Investigation of local bond behavior using distributed optical fiber sensing. In: Hofmann J.; Plizzari, G. (Hrsg.): Bond, Anchorage, Detailing – Proc. of 5th Int. Conf. Bond in Concrete, 25.–27.07.2022 in Stuttgart, Stuttgart: Institute of Construction Materials, University of Stuttgart, 2022, S. 133–145 – DOI: 10.18419/opus-12271

Koschemann, M.; Curbach, M.; Scheydt, J.: Leicht Bauen mit Beton – Vom Entwurf zur Realisierung einer Brücke aus Carbon- und Infralichtbeton | Concrete light – a bridge made of carbon reinforced and infra-lightweight concrete. Beitrag zu den 66. BetonTagen, 21.–23.06.2022 in Ulm; erschienen in: BFT International 88 (2022) 6, S. 63/64.

Máca, P.; Leicht, L.; Fila, T.; Beckmann, B.; Curbach, M.: Beam-end bond testing in split Hopkinson bar under high slip rates. In: Hoffmann, J.; Plizzari, G. (Hrsg.): Bond, Anchorage, Detailing – Proc. of 5th Int. Conf. Bond in Concrete, 25.–27.07.2022 in Stuttgart, Stuttgart: Institute of Construction Materials, University of Stuttgart, 2022, S. 851–859 – DOI: <https://doi.org/10.18419/opus-12271>

Michler, H.; Pahn, M.: Zulassungsversuche für Carbonbeton | Approval tests for carbon concrete. In: C³ – Carbon Concrete Composite e. V. (Hrsg.): Tagungsband der 14. Carbon- und Textilbetontage, 27./28.09.2022 in Dresden, 2022, S. 56–62 | 114–120 – https://www.carbon-textilbetontage.de/wp-content/uploads/2022/10/Tagungsband_CTBT-2022_final-web.pdf

Minar, S.; Tietze, M.; Schladitz, F.: Carbonbeton in der Praxis. In: Institut für Statik und Dynamik der Tragwerke der TU Dresden (Hrsg.): Tagungsband 26. Dresdner Baustatik-Seminar – Realität, Modellierung, Tragwerksplanung, Dresden: Institut für Statik und Dynamik der Tragwerke der TU Dresden, 2022, S. 151–165.

Monka, J.; Marx, S.: Railway bridges – Monuments in the network. In: IABSE (Hrsg.): Challenges for Existing and Oncoming Structures – Proc. of IABSE Symp., 25.–27.05.2022 in Prague (Czech Republic), Zürich: IABSE, 2022, S. 499–506.

Pelka, C.; Marx, S.: Through constructions on arched bridges. In: IABSE (Hrsg.): Challenges for Existing and Oncoming Structures – Proc. of IABSE Symp., 25.–27.05.2022 in Prague (Czech Republic), Zürich: IABSE, 2022, S. 1100–1007.

Pelka, C.; Wroblewski, S.; Marx, S.: Backfilling stabilisation on arched bridges. In: di Prisco, M.; Meda, A.; Balazs, G. L. (Hrsg.): Structural analysis and design – Proc. of 14th fib Phd Symp. in Civil Engineering, 05.–07.09.2022 in Rome (Italy), fib, 2022, S. 161–168.

Pirskawetz, S.; Schmidt, S.; Steinbock, O.: Rückbau der Brücke Altstädter Bahnhof, Brandenburg/Havel. In: Krieger, J.; Isecke, B. (Hrsg.): Tagungshandbuch zum 5. Brückenkolloquium, 21./22.06.2016 in Ostfildern, Ostfildern: TA Esslingen, 2022, S. 549–554.

Schütze, E.; Schumann, A.; Wenzhöfer, F.; Frommhold, L.; Wilhelm, S.; Hering, M.; Wasemann, H.: DeepC3000 – first deployment of a pressure housing made of UHPC for depths up to 3,000 m on a deepsea mission using a carrier frame made of carbon reinforced concrete. In: IEEE (Hrsg.): Proc. of OCEANS'22, 17.–20.10.2022 in Virginia Beach (Virginia, USA), 2022, 6 S. – DOI: 10.1109/OCEANS47191.2022.9977291

Steinbock, O.; Bösch, T.: Verstärkung von Stahl- und Spannbetonbrücken mit Carbonbeton – Aktuelles aus Praxis und Forschung. In: Curbach, M.; Marx, S. (Hrsg.): Tagungsband zum 31. Dresdner Brückenbausymposium, 07./08.06.2022 in Dresden, Dresden: Institut für Massivbau der TU Dresden, 2022, S. 89–105.

Stemmler, S.; Kaufmann, T.; Bange, M. J.; Merkle, D.; Reiterer, A.; Klemt-Albert, K.; Marx, S.: Multi-source-data-fusion for the digitization of critical infrastructural elements. In: Erbertseder, T.; Chrysoulakis, N.; Zhang, Y. (Hrsg.): Proc. of Remote Sensing Technologies and Applications in Urban Environments, SPIE Remote Sensing VII, 05.–08.09.2022 in Berlin, erschienen in: Proc. of SPIE / SPIE 12269, 1226905, 6 S. – DOI: 10.1117/12.2634711

Tietze, M.; Frenzel, M.; Schladitz, F.; Kahnt, A.; Curbach M.: Der CUBE – Das erste Gebäude aus Carbonbeton. In: Institut für Betonbau der TU Graz (Hrsg.): Beton Graz 22 – 5. Grazer Betonkolloquium, 01./02.09.2022 in Graz (Österreich), Graz: Verlag der TU Graz, 2022, S. 145–151.

Tietze, M.; Frenzel, M.; Kahnt, A.: The carbon reinforced concrete building – CUBE | Box manufacturing and assembling. In: Holschemacher, K.; Quapp, U.; Singh, A.; Yazdani, S. (Hrsg.): Proc. of Int. Structural Engineering and Construction – Euro Med Sec 4, State-of-the-art materials and Techniques in Structural Engineering and Construction, 20.–22.06.2022 in Leipzig, 2022, S. 25-1–25-6.

Tietze, M.; Minar, S.; Schladitz, F.: Carbonbeton in der Baupraxis. In: concrete content UG (Hrsg.): Tagungsband zur 10. Betonfachtagung, 30.11./01.12.2022 in Leipzig, 2022, S. 143–153.

Vakaliuk, I.; Goertzen, T.; Scheerer, S.; Niemeyer, A.; Curbach, M.: Initial numerical development of design procedures for TRC bioinspired shells. In: Xue, S.-D.; Wu, J.-Z.; Sun, G.-J. (Hrsg.): Innovation, Sustainability and Legacy – Proc. of IASS/APCS Annual Symp., 19.–22.09.2022 in Beijing (China), 2022, S. 2597–2608.

Wenner, M.; Marx, S.; Meyer-Westphal, M.; Herbrand, M.; Ullerich, C.: smartBRIDGE Hamburg – die Brückeninstandhaltung der Zukunft. In: Curbach, M.; Marx, S. (Hrsg.): Tagungsband zum 31. Dresdner Brückenbausymposium, 07./08.06.2022 in Dresden, Dresden: Institut für Massivbau der TU Dresden, 2022, S. 139–148.

Xu, R.; Käding, M.; Lange, A.; Ostermann, J.; Marx, S.: Detection of impulsive signals on tendons for hybrid wind turbines using acoustic emission measurements. In: NDT.net (Hrsg.): Proc. of Int. Symp. on Non-Destructive Testing in Civil Engineering (NDT-CE 2022), 16.–18.08.2022 in Zürich (Schweiz), erschienen in: Special Issue of e-Journal of Nondestructive Testing (eJNDT) 27 (2022) 9, 10 S. – DOI: 10.58286/27292 | https://www.ndt.net/article/ndtce2022/paper/65899_manuscript.pdf

■ Beiträge beim 6th International fib Congress 2022 in Oslo

erschienen in: Stokkeland, S.; Braarud, H. C. (Hrsg.): Concrete Innovation for Sustainability – Proc. of the 6th fib Int. Congress 2022, 12.–16.06.2022 in Oslo (Norway), Oslo: Novus Press, 2022

Birkner, D.; Marx, S.: Stiffness degradation in fatigue loaded large concrete beams. S. 2008–2017.

Farwig, K.; Curbach, M.: Grouting concrete for shear connection in butt joints of prefabricated cross laminated timber wall elements. S. 1037–1046.

Frenzel, M.; Tietze, M.; Curbach, M.: C³ technology demonstration house – CUBE: Design and manufacturing of the twisted roof-wall construction. S. 2542–2550.

Haist, M.; Bergmeister, K.; Curbach, M.; Deiters, M. V.; Forman, P.; Gaganelis, G.; Gerlach, J.; Mark, P.; Moffatt, J.; Müller, C.; Müller, H. S.; Reiners, J.; Schack, T.; Scope, C.; Tietze, M.; Voit, K.: Climate limit state (CLS) for building structures – a possible companion of ULS, SLS and durability limit states. S. 143–152.

Koschemann, M.; Curbach, M.; Marx, S.: Influence of the test setup on local bond behaviour of ribbed steel bars. S. 349–358.

Koschemann, M.; Vakaliuk, I.; Curbach, M.: An ultra-light carbon concrete bridge: From design to realisation. S. 2458–2367.

Schmidt, B.; Herbers, M.; Schacht, G.; Marx, S.; Oettel, V.: Creep of Concrete at High Age of Loading. S. 1710–1719.

Speck, K.; Vogdt, F.; Koschemann, M.; Curbach, M.; Marx, S.: Experimentally based modelling of failure mechanisms of high-strength concrete under multi-axial loading. S. 675–684.

Vakaliuk, I.; Platen, J.; Klempt, V.; Scheerer, S.; Curbach, M.; Kaliske, M.; Loehner, S.: Development of load-bearing shell-type TRC structures – initial numerical analysis. S. 1799–1808.

Vakaliuk, I.; Scheerer, S.; Curbach, M.: Initial laboratory test of load-bearing shell-shaped TRC structures. S. 675–684.

Zdanowicz, K.; Vakaliuk, I.; Beckmann, B.; Marx, S.: Two-dimensional strain measurements of chemically prestressed textile reinforced concrete slabs with distributed fibre optic sensors. S. 666–674.

■ Beiträge zum 61. Forschungskolloquium des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb) am 26./27.09.2022 in Dresden

erschienen in: Curbach, M.; Marx, S.; Mechtcherine, V. (Hrsg.): Beiträge zum 61. Forschungskolloquium mit 9. Jahrestagung des DAfStb, 2022 – DOI: 10.25368/2022.369, <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa2-817893>

Bartels, J.-H.: Robuste, lebensdauerumfassende Monitoringkonzepte für Offshore-Windenergieanlagen. S. 57–62 – DOI: 10.25368/2022.378

Baumgärtel, E.: Untersuchung von Stäben und Gelegen aus rezyklierten Carbonfasern. S. 175–178 – DOI: 10.25368/2022.397

Beltrán, R.: Untersuchung von ermüdungsbedingten Veränderungen der Ultraschallgeschwindigkeit in Beton. S. 83–88 – DOI: 10.25368/2022.380

Betz, P.: Carbonbeton unter Druck – Einfluss von Querdruck und Querkzug. S. 169–174 – DOI: 10.25368/2022.396

Bracklow, F.: Rückseitige Verstärkung von Stahlbetonplatten unter Impaktbeanspruchung. S. 29–34 – DOI: 10.25368/2022.373

Curbach, M.; Marx, S.; Mechtcherine, V.: Herzlich willkommen an der TU Dresden! S. 7/8

Gebauer, D.: Rissbildung und Rissbreitenentwicklung bei Stahlbetonbauteilen unter verformungsinduziertem Zwang. S. 83–88 – DOI: 10.25368/2022.382

Herbers, M.: Langzeitverformung semi-integraler Talbrücken – Messung und Simulation. S. 45–50 – DOI: 10.25368/2022.372

Klein, F.: Modellierung der Torsionstragfähigkeit segmentierter Betontürme auf Basis der Wölbtheorie dünnwandiger Stäbe. S. 51–56 – DOI: 10.25368/2022.377

Koschemann, M.: Rissbreitenentwicklung unter Langzeitbelastung anhand lokaler Verbundbeziehungen. S. 77–82 – DOI: 10.25368/2022.381

Leicht, L.: Charakterisierung von mineralisch gebundenen Kompositen zur Impaktdämpfung. S. 25–28 – DOI: 10.25368/2022.372

Marx, S.: Ingenieurbau im Bestand. S. 37/38 – DOI: 10.25368/2022.374

Pelka, C.: Sanierung von Gewölbebrücken. S. 39–44 – DOI: 10.25368/2022.375

Ur Rehman, N.; Michler, H.: Existing codes and guidelines for durability design of FRP reinforcement. S. 163–168 – DOI: 10.25368/2022.395

Vakaliuk, I.: Use of pervading internal shell-type substructures to dissolve compact components. S. 179–184 – DOI: 10.25368/2022.398

■ Beiträge zur SMiRT 26 in Potsdam

erschienen in: Proc. of 26th Int. Conf. of Structural Mechanics in Reactor Technology (SMiRT 26), 10.–15.07.2022 in Potsdam, 2022

Bracklow, F.; Hering, M.; Beckmann, B.; Curbach, M.: Impact Experiments on Differently Reinforced Concrete Plates. 10 S.

Hering, M.; Bracklow, F.; Curbach, M.: Impact Experiments on Scaled Reinforced Concrete Plates. 10 S.

Koschemann, M.; Curbach, M.: Bond behaviour and crack propagation of reinforced concrete under long-term loading. 10 S.

Leicht, L.; Máca, P.; Beckmann, B.; Curbach, M.: Geometric influences on the behaviour of beams under impact loading. 10 S.

Mosig, O.; Zohrabayan, V.; Curbach, M.; Braml, T.: The fracture energy of fibre reinforced concrete under high strain rates. 10 S.

Schubert, T.; Wörndle, P.; Borsutzky, R.: Aircraft Impact: Critical Aspects of Coupled Dynamic Simulations. 10 S.

■ Ausgewählte sonstige Beiträge

Curbach, M.: Das neue Bauen – Das Neue bauen. Beton- und Stahlbetonbau 117 (2022) 7, S. 459 (Editorial) – DOI: 10.1002/best.202270703

Curbach, M.; Koschemann, M.; Vakaliuk I.: CarboLight Bridge. In: International Federation of Structural Concrete (Hrsg.): fib Bulletin No. 104 – 2022 fib Awards for Outstanding Concrete Structures, presented at the 2022 fib Congress in Oslo, Lausanne, 2022, S. 30.

Kranich, S.; Tietze M.: Die Bauwelt wandelt sich mit Carbonbeton zum Gamechanger. Architektur. Aktuell. The art of building (2022) 3, S. 146/147.

Marx, S.: Wann fangen wir an? Beton- und Stahlbetonbau 117 (2022) 3, S. 153/154 (Editorial) – DOI: 10.1002/best.202270303

Wellner, S. (Zusammenstellung): Chronik des Brückenbaus. In: Curbach, M.; Marx, S. (Hrsg.): Tagungsband zum 31. Dresdner Brückenbausymposium. 07./08.06.2022 in Dresden, Dresden: Institut für Massivbau der TU Dresden, 2022, S. 207–219.

■ Ausgewählte Vorträge und Interviews

Schladitz, F.: Carbonbeton – Eigenschaften und praktische Anwendungen. Vortrag zur Werk- und Prüfstellenleiter-Schulung 2022, S u. E Service-Gesellschaft Baustoffe – Steine – Erden mbH, Leipzig, 25.01.2022.

Schladitz, F.: Carbonbeton – Massenbaustoff mit geringen CO₂-Emissionen. Vortrag zur EffizienzTagung klimaneutral Bauen+Modernisieren, Energie- und Umweltzentrum am Deister GmbH, Hannover, 12.11.2022.

Schladitz, F.: Carbonbeton – Mehr aus Weniger. Vortrag zum Green Construction Excellence Forum 2022, Smart Bridges GmbH, Frankfurt am Main, 24.05.2022.

Schladitz, F.: Carbonbeton und dessen Anwendung. Vortrag zum VSVI-Themenabend Carbonbeton und dessen Anwendung, Vereinigung der Straßenbau- und Verkehrsingenieure im Freistaat Sachsen e. V., Chemnitz, 11.10.2022.

Schladitz, F.: Carbonbeton und sein Beitrag auf dem Weg zur klimaneutralen Immobilie. Vorträge zum Immobiliengespräch Dresden, Aengevelt Immobilien GmbH u. Co. KG, Dresden, 28.04.2022, und auf der internationalen Fachmesse für Immobilien und Investitionen EXPO REAL, Messe München GmbH, 04.10.2022.

Schladitz, F.: Innovation Carbonbeton – Einsatz im Waldwegebau. Vortrag zur Fachtagung der Maschinenbetriebe und Forsttechnikreferenten des Bundes und der Länder, Breitenbrunn, Staatsbetrieb Sachsenforst, 22.09.2022.

Tietze, M.: Das Carbonbeton Doppelwandsystem – Konstruktion und automatisierte Herstellung von schlanken mehrschaligen Carbonbeton Doppelwandelementen mit Dämmkern für den mehrgeschossigen Wohnungs- und Bürobau. Vortrag bei den Engineering Days 2022, Salzburg, 28./29.11.2022.

Ukena, T.; Hoinka, J.; Tietze, M.: Deutschlands erstes Schwimm- und Badebecken aus Carbonbeton. Vortrag auf dem 69. Kongress für das Badewesen 2022, Messe Stuttgart, 25.–27.10.2022.

DANK AN UNSERE FÖRDERER



DAS TEAM 2022

Institut für Massivbau

Professur für Massivbau

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach

DB Netz AG – Stiftungsprofessur für Ingenieurbau

Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx

Forschungsbereich Impakt

Dr.-Ing. Birgit Beckmann

Arbeitsgebietsleiter:innen

Dr.-Ing. Torsten Hampel (Auftragsforschung und Bauwerksdiagnose)

Dr.-Ing. Harald Michler (Forschung, IT)

Dr.-Ing. Silke Scheerer (Qualitätssicherung und PR/Ö)

Dr.-Ing. Kerstin Speck (Lehre)

Administration

Stefan Gröschel (Öffentlichkeitsarbeit, Presse)

Silvia Haubold (Controlling)

Ines Niemetz (Controlling SFB/TRR 280)

Claudia Seifert (Sekretariat Prof. Curbach)

Jana Strauch (Sekretariat Prof. Marx und Konferenzen)

Matthias Zagermann (Systemadministrator)

Forschungsgruppen und wissenschaftliche Mitarbeiter:innen

Carbonbeton 1 – SFB/TRR

Dipl.-Ing. Peter Betz

(Forschungsgruppenleiter)

Mohammed Kareem Dhahir, M.Sc.

Olga Diring, M.Sc.

Dipl.-Ing. Josiane Giese

Iurii Vakaliuk, M.Sc.

Carbonbeton 2 – RUBIN – ISC

David Sandmann, M.Sc.

(Forschungsgruppenleiter)

Dipl.-Ing. Enrico Baumgärtel

Dr.-Ing. Michael Frenzel

Dipl.-Ing. Berk Gündogdu

Dr.-Ing. Harald Michler

Nazaib Ur Rehman, M.Sc.

Carbonbeton 3 – Zwanzig20

Dr.-Ing. Frank Schladitz

(Forschungsgruppenleiter)

Chris Gärtner M.A.

Anja Giesder

Sandra Kranich M.A.

Dr.-Ing. Stefan Minar

Dipl.-Ing. Amer Suliman

Dipl.-Wirtsch.-Ing. (FH) Matthias Tietze M.A.

Dipl.-Ing. Sandra Zagermann

Impakt

Dr.-Ing. Birgit Beckmann

(Forschungsgruppenleiterin)

Dipl.-Ing. (FH) Franz Bracklow

Dr.-Ing. Marcus Hering

Dipl.-Ing. Lena Leicht

M.Eng. Petr Máca Ph.D.

Dr.-Ing. Oliver Mosig

Thomas Schubert, M.Sc.

Dipl.-Ing. Nicholas Unger

Ingenieurbau

Marina Stümpel, M.Sc.

(Forschungsgruppenleiterin)

Raúl Enrique Beltrán Gutiérrez, M.Sc.

Dipl.-Ing. Kristina Farwig

Daniel Gebauer, M.Sc.

Dr.-Ing. Oliver Steinbock

Dipl.-Ing. Ronghua Xu

Brückenbau

Dr.-Ing. Chongjie Kang

(Forschungsgruppenleiter)

Samar Aqlan, M.Sc.

Jakob Grave, M.Sc.

Dipl.-Ing. Franz Grützmacher

Johanna Monka-Birkner, M.Sc.

Conrad Pelka, M.Sc.

Mengyan Peng, M.Sc.

Windenergie

Dennis Birkner, M.Sc.

(Forschungsgruppenleiter)

Dipl.-Ing. Florian Fülll

Dipl.-Ing. Marc Koschemann

Dipl.-Ing. Clara Schramm

Smart Structures

Jan-Hauke Bartels, M.Sc.

(Forschungsgruppenleiter)

Max Herbers, M.Sc.

Han Qian, M.Sc.

Dipl.-Ing. Bertram Richter

Dipl.-Ing. Jonas Scharf

Dr.-Ing. Kerstin Speck

Arbeitsgebiet Auftragsforschung und Bauwerksdiagnose

Dr.-Ing. Torsten Hampel

(Arbeitsgebietsleiter)

Otto-Mohr-Laboratorium

Leitung

Dr.-Ing. Karoline Holz (Wissenschaftliche Leiterin)
René Wallschläger (Technischer Leiter)

Stellvertreterin

Dipl.-Ing. Kathrin Dietz

Sekretariat

Peggy Weckend

Wissenschaftliche Mitarbeiterin

Dipl.-Ing. (FH) Sabine Wellner

Technische Mitarbeiter:innen

Rainer Belger
Martin Findeisen
Jens Hohensee
Tino Jänke
Michael Liebe
Maik Patricny
Annett Pöhland
Mario Polke-Schminke
Doreen Sonntag
Andreas Thieme
Heiko Wachtel
Bernd Wehner

Externe Lehrbauaufträge

Dr.-Ing. Maria Patricia Garbaldi – Module ACCESS BIWE-01, ACCESS BIWO-08 (*Project Work*), ACCESS (*Master's Thesis*)

Dr.-Ing. Peter Schöps (Braun, Schöps & Partner Ingenieure mbB, Dresden) – Modul BIW 3-02

Dr.-Ing. Jens Tusche (DB Engineering & Consulting GmbH, Region Südost, Dresden) – Module BIW 5-01 (Projektarbeit) und BIW (Diplomarbeit)

Impressum

Herausgeber

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach
Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx

Adresse

Institut für Massivbau
Technische Universität Dresden
01062 Dresden

Besucheradresse:
August-Bebel-Straße 30/30A
01219 Dresden

Postadresse:
Technische Universität Dresden
Institut für Massivbau
01062 Dresden

Paketadresse:
Technische Universität Dresden
Institut für Massivbau
Helmholtzstr. 10
01069 Dresden

Tel. +49 351 463-36568
Fax +49 351 463-37289

www.massivbau.tu-dresden.de

Redaktion

Silke Scheerer, Kerstin Speck

Texte

Jan-Hauke Bartels, Enrico Baumgärtel, Birgit Beckmann, Raúl Beltrán, Peter Betz, Dennis Birkner, Franz Bracklow, Manfred Curbach, Mohammed K. Dahir, Michael Frenzel, Florian Fülll, Josiane Giese, Stefan Gröschel, Berk Gündogdu, Torsten Hampel, Max Herbers, Marcus Hering, Karoline Holz, Chongjie Kang, Marc Koschemann, Sandra Kranich, Lena Leicht, Petr Máca, Steffen Marx, Maximilian May, Harald Michler, Johanna Monka-Birkner, Conrad Pelka, Mengyan Peng, Han Qian, David Sandmann, Silke Scheerer, Frank Schladitz, Thomas Schubert, Clara Schramm, Kerstin Speck, Marina Stümpel, Nazaib Ur Rehman, Iurii Vakaliuk, Sabine Wellner, Ronghua Xu

Die Kurzfassungen der studentischen Arbeiten sowie Dissertationen wurden von den jeweiligen Studierenden bzw. Doktorand:innen verfasst.

Foto Umschlag

Stefan Gröschel

Gestaltung/Satz

Stefan Gröschel, Silke Scheerer

Druck

addprint AG, Bannewitz 2023

UND DANN DORT MAL FESTDRÜCKEN ...



Foto: Jana Strauch

ISBN: 978-3-86780-737-1