



**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**

Institut für Massivbau <http://massivbau.tu-dresden.de>



JAHRESBERICHT 2015 **ANNUAL REPORT 2015**



**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**

Institut für Massivbau <http://massivbau.tu-dresden.de>

JAHRESBERICHT 2015

ANNUAL REPORT 2015

Impressum

Herausgeber

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach
Prof. Dr.-Ing. habil. Ulrich Häußler-Combe

Institut für Massivbau
Technische Universität Dresden

01062 Dresden

Tel. 49 351 / 4 63-3 42 77
Fax 49 351 / 4 63-3 72 89
<http://massivbau.tu-dresden.de>

Redaktion

Silke Scheerer

Texte

Jakob Bochmann, Manfred Curbach, Mateusz Ewertowski, Michael Frenzel, Torsten Hampel, Jens Hartig, Ulrich Häußler-Combe, Marcus Hering, Karoline Holz, Tino Kühn, Wolfgang Leiberg, Petr Máca, Harald Michler, Egbert Müller, Steffen Müller, Frank Neumann, Evmorfia Panteki, Matthias Quast, Dirk Reischl, Tom Sauerborn, Silke Scheerer, Frank Schladitz, Angela Schmidt, Nico Schmidt, Daan Peer Schneider, Elisabeth Schütze, Tilo Senckpiel, Kerstin Speck, Oliver Steinbock, Ulrich van Stipriaan, Tobias Walther, Sabine Wellner, Jörg Weselek, Sebastian Wilhelm, Robert Zobel

Die Kurzfassungen aller Arbeiten, von Projektarbeiten über Bachelor- und Diplomarbeiten bis hin zu Dissertationen, wurden von den jeweiligen Studentinnen und Studenten und Doktoranden verfasst.

Mitarbeit/Korrektur

Maria Patricia Garibaldi, Angela Heller, Dajana Musiol

Gestaltung

Ulrich van Stipriaan

Druck

addprint AG · Am Spitzberg 8a · 01728 Bannewitz

Inhalt

Kooperation und Begegnung sind alles	5
Forschung Research	6
Abgetaucht – Beton in der Tiefsee	8
<i>Dived – concrete in the deep sea</i>	9
Laststeigerung durch Formvariation	10
<i>Load increase by varying the form</i>	11
Leichte Deckentragwerke	12
<i>Lightweight ceiling structures</i>	13
Wenn Litze auf Litze trifft	14
<i>When a strand meets a strand</i>	15
Stahlbetonplatten unter Impact	16
<i>Reinforced concrete slabs under impact</i>	17
Beton-Stahl-Verbund bei Impact	18
<i>Bond design for impact</i>	19
Wenn Wellen wandern...	20
<i>When waves propagate...</i>	21
Betonversagen numerisch verstehen wollen	22
<i>Understanding concrete failure numerically using FEM</i>	23
Beton ist grau und undurchsichtig?	24
<i>Concrete – some kind of transparency</i>	25
Platten unter Zug	26
<i>Slabs under tension</i>	27
Textilbeton unter Druck	28
<i>TRC under compression</i>	29
Textilbeton unter hohen Temperaturen	30
<i>TRC under high temperature exposure</i>	31
Schlaufenverankerung für Carbongelege	32
<i>Loop-anchorage for textile reinforcements</i>	33
Verbindungsmitel für filigrane Textilbetonelemente	34
<i>Mounting parts for thin TRC elements</i>	35
Vorspannen mit Carbonfäden	36
<i>Prestressing with carbon rovings</i>	37
Neue Anforderungen an Bewehrungen aus Carbon	38
<i>New requirements for carbon reinforcements</i>	39
Gut geprüft ist halb nachgewiesen	40
<i>Well tested is half approved</i>	41
NTRC-Deckenelemente	42
<i>NTRC ceiling elements</i>	43
Das Fassadenelement der Zukunft	44
<i>The façade element of the future</i>	45
autartec – der Entwurf steht	46
<i>autartec – the building design is done</i>	47
Mit Sicherheit wirtschaftlich!.....	48
<i>Light. Economic. Safe</i>	49
Erfolgreich angewendet – Textilbeton nimmt Fahrt auf!	50
<i>Successfully applied – TRC is taking off!</i>	51
Carbonbeton für Karamell	52
<i>Carbon concrete for caramel</i>	53
Textilbeton zur Instandsetzung von Abwasserbauwerken	54
<i>TRC for repair of wastewater structures</i>	55

Sichere Straßenbrücken	56
<i>Safe road bridges</i>	57
Willy Gehler – Ein Beispiel für politische Irrwege an der TU Dresden?	58
<i>Willy Gehler – An example of political missteps at the TU Dresden?</i>	59
Das C³-Projekt	61
Forschungsauftrag zur Entwicklung des Baustoffs der Zukunft	62
<i>Research on carbon reinforced concrete for a new way of construction design</i>	63
Lehre	79
Lehrveranstaltungen des Instituts für Massivbau	80
Projektarbeiten <i>Project Works</i>	88
Wintersemester 14/15 <i>Winter Term 14/15</i>	88
Diplomarbeiten Masterarbeiten Bachelorarbeiten im Jahr 2015	106
Wissen schafft mehr...	118
Brückenbauexkursion 2015: Tschechien/Österreich	119
Brücken sind mehr als die Verbindung zweier Punkte	120
Der Klassiker in dritter Auflage	122
.. und immer wieder neue Dimensionen.....	123
Wundern und Staunen erlaubt	124
Wert experimenteller Untersuchungen	125
Sonderheft rund um Textilbeton	125
Neues aus dem SPP 1542	126
Schüler am Institut	127
Weihnachtsfeier im Laboratorium.....	127
Otto-Mohr-Laboratorium	129
Arbeitsgebiete und Ausstattung	130
Probebelastung von Stahlsteindecken	137
Fahnenmasten am Goldenen Reiter	138
Hochduktiler Beton für die Straße.....	139
Risse im Holzrohr verfolgt	140
Platz da! für den A 380 am Flughafen	141
Institut	143
Das Institut für Massivbau in Zahlen und Fakten	144
Promotion	153
Publikationen 2015	154
Mitarbeiter.....	158
Dank an unsere Förderer	159
Schmackhafte Lektüre	160



Prof. Manfred Curbach (r.)
 Prof. Ulrich Häußler-Combe
 Institut für Massivbau, TU Dresden
 Foto: Ulrich van Stipriaan

Kooperation und Begegnung sind alles

2015: selten hat uns ein Jahr deutlicher vor Augen geführt, wie schnell Probleme wachsen können und wie weit wir davon entfernt sind, diese mit einfachen Antworten lösen zu können. Menschen, die behaupten, einfache Lösungen parat zu haben, schaden allen Anstrengungen, die äußerst komplexen aktuellen Aufgaben mit der notwendigen Sorgfalt und Differenziertheit zu behandeln. Dies gilt im täglichen Leben genauso wie in der Forschung und deren Umsetzung in die Praxis. So versuchen wir am Institut für Massivbau beispielsweise, für die uns alle betreffenden Probleme wie Klimawandel, CO₂-Ausstoß, Ressourcen- und Energieverbrauch einen Mosaikstein im Zusammenspiel mit anderen Akteuren zur Lösung dieser Fragestellungen beizutragen. Wir wollen und müssen dies gemeinsam tun. Erforderlich ist daher die Zusammenarbeit mit Partnern in der Industrie, mit Forschern des Massivbaus und der Baustofftechnologie sowie mit Vertretern aller anderen Wissenschaftsbereiche.

Kooperation und Begegnung sind alles. Dies beginnt mit der Zusammenarbeit am Institut, die gefördert, gefordert und gewünscht wird. Obwohl die Mitarbeiter an teilweise weit voneinander entfernt scheinenden Forschungsthemen aus den Bereichen Carbonbeton, Impact, Mehraxialität und Numerik arbeiten, zeigt sich immer wieder, wie durch aktive Kommunikation Probleme gelöst werden können. An dieser Stelle bedanken sich die beiden Unterzeichner beim gesamten Team des Instituts für Engagement, Ideenreichtum, Kreati-

vität, Fleiß und nicht zuletzt für ihre Identifikation mit unserem Institut in Forschung und Lehre.

Belohnung und Bestätigung unserer Arbeit waren nicht zuletzt die beiden Ende 2015 erhaltenen Preise: der Deutsche Nachhaltigkeitspreis, maßgeblich unterstützt vom BMBF, und der Deutsche Rohstoffeffizienz-Preis, ausgelobt vom BMWi, die dem Konsortium *C³ – Carbon Concrete Composite* überreicht wurden. Damit wurde auch die Forschung am Institut zum Thema Carbonbeton ausgezeichnet. Gleichzeitig sind diese Preise für uns Aufforderung und Antrieb, den eingeschlagenen Weg fortzusetzen, um das in uns gesetzte Vertrauen zu rechtfertigen.

Dieser Jahresbericht enthält – wie gewohnt – einen Überblick über die zurzeit bearbeiteten Projekte der Grundlagen- und Auftragsforschung, die gehaltenen Vorlesungen und Übungen, die betreuten Projekt- und Abschlussarbeiten und allgemeine Daten und Fakten zum Otto-Mohr-Labor und zum Institut.

Wir arbeiten auch in Zukunft darauf hin, dass unsere Partner uns als zuverlässigen Motor bei der Bewältigung aller anstehenden Aufgaben sehen können, und wünschen nun viel Freude und hoffen auf Ihr Interesse bei der Lektüre unseres Jahresberichts 2015.

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach
 Prof. Dr.-Ing. habil. Ulrich Häußler-Combe

FORSCHUNG



RESEARCH

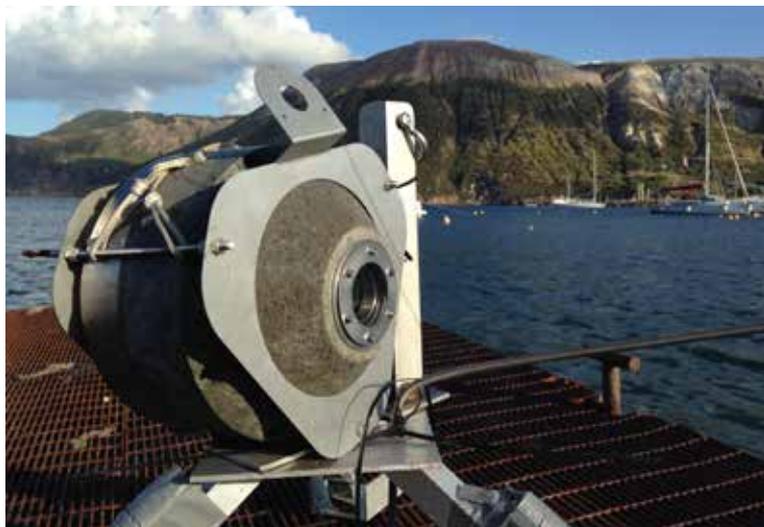
Abgetaucht – Beton in der Tiefsee

Im Rahmen der Helmholtz-Allianz ROBEX – Robotic Exploration of Extreme Environments (www.robex-allianz.de) findet am Institut für Massivbau die Entwicklung von Beton-Druckgehäusen für die Tiefsee statt. Die Tiefseeforschung ist ein wesentlicher Bestandteil der Meeresforschung. Dabei spielen neben ökologischen Aspekten auch zunehmend wirtschaftliche Interessen wie die Suche nach alternativen Energieressourcen (z. B. Methanhydrat) eine bedeutende Rolle. Für den Aufbau von temporären und permanenten Forschungsstationen unter Wasser werden aufgrund der extrem korrosiven Umgebung bisher vorwiegend teure Materialien wie Titan und Aluminium verwendet. Die Fertigung der Gehäuse erfolgt in der Regel durch CNC-Fräsen, ist kostenintensiv und die herstellbare Gehäusegröße wird durch die verfügbare Maschine limitiert.

Ultrahochfester Beton (UHPC – ultra high performance concrete) ermöglicht Druckfestigkeiten bis ca. 250 N/mm² und damit ca. das 8-Fache im Vergleich zu üblichem Normalbeton. Der grundlegende Unterschied zu Normalbeton liegt dabei in der Zusammensetzung. Als Zuschlag werden feste Materialien wie z. B. Quarz, Basalt, Bauxit oder

Korund verwendet. Durch eine genau abgestimmte Korngrößenverteilung der Zuschlagstoffe, die Verwendung fein gemahlten Zements und die Zugabe von Mikrosilika als Füllstoff entsteht ein Gefüge mit hoher Packungsdichte. Der gegenüber Normalbeton um ein Vielfaches kleinere Porenraum von UHPC macht den Werkstoff wasserdicht bis hin zu gasdicht.

Der Fokus der Forschung liegt neben der Formoptimierung unter hydrostatischer Belastung auf der Bemessung der Gehäuse unter Berücksichtigung der erhöhten Druckfestigkeit des Betons unter mehraxialer Beanspruchung. Dabei werden in mehraxialen Druckversuchen die Materialparameter für die Kalibrierung von nichtlinearen Betonmodellen für die numerische Simulation ermittelt. Die UHPC-Gehäuse werden in der Druckkammer des Deutschen Forschungsinstituts für künstliche Intelligenz (DFKI) in Bremen bis zur Implosion getestet, um die Kurzzeitfestigkeit zu ermitteln. Zur Ermittlung der Dauerhaftigkeit und des Kriechverhaltens unter hohem hydrostatischem Druck wurde im Juli 2015 mit Hilfe des Alfred-Wegener-Instituts (AWI) ein Druckgehäuse während einer Polarstern-Expedition in der Arktis in 2500 m Tiefe ausgesetzt, wo es nun für ein Jahr verbleibt.



Vielen Dank an die Firma WPE für die Unterstützung im Projekt.

Test eines Kameragehäuses aus UHPC
nahe der Insel Vulcano (Italien)

*Test of camera housing made from UHPC
near the island Vulcano (Italy) Photo: Sebastian Wilhelm*

Dived – concrete in the deep sea

As part of the Helmholtz Alliance ROBEX – Robotic Exploration of Extreme Environments (www.robex-allianz.de), concrete pressure housings for use in deep sea have been developed at our institute. The deep-sea research is an essential part of the marine research. Not only ecological aspects, but also increasingly economic interests such as the search for alternative energy resources (e.g. methane) are playing a significant role. So far, mainly expensive materials, such as titanium and aluminium, are used for the construction of temporary and permanent research stations underwater due to the extremely corrosive environment. The production of metal housings is usually done through CNC milling, which is costly and the manufactured housing size is limited by the available machine.

Ultra-high performance concrete (UHPC) allows uniaxial compressive strengths up to 250 N/mm^2 , what is approximately eight times higher than conventional normal concrete. The basic difference to normal concrete can be found in the material's composition. Solid materials such as



UHPC-Druckgehäuse nach der Implosion im Drucktank beim DFKI in Bremen

UHPC pressure housing after implosion test at the DFKI in Bremen
Photo: Sebastian Wilhelm

quartz, basalt, bauxite or corundum are used as aggregate. The use of a precisely matched particle size distribution of aggregates as well as a finely ground cement and the addition of micro silica as a filler result in a highly dense material. In contrast to normal concrete, the multiple smaller pore space of UHPC makes the material water-proof up to a gas-tight level.

In addition to the shape optimization under hydrostatic load, the research focus is on the design of housings, taking into account the increased compressive strength of concrete under multiaxial load. The material parameters for the calibration of non-linear concrete models are determined for numerical simulation in multiaxial compression tests. The UHPC housings are tested in the pressure chamber of the German Research Institute for Artificial Intelligence (DFKI) in Bremen until implosion of the specimen to determine the short-term behaviour of the material. With the help of the Alfred Wegener Institute (AWI), a pressure housing was placed at a depth of 2500 m in July 2015 during a Polarstern expedition in the arctic sea to study the durability and creep of UHPC under high hydrostatic pressure. The housing will remain there for one year.

Thanks to the WPE company for supporting the project.

Titel | Title

ROBEX – Robotische Exploration unter Extrembedingungen | Robotic Exploration of Extreme Environments

Förderer | Funding

Helmholtz-Gemeinschaft

Zeitraum | Period

10.2012 – 09.2017

Leiter | Project Manager

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

Bearbeiter | Contributor

Dipl.-Ing. Sebastian Wilhelm

Projektpartner | Project Partners

16 Forschungseinrichtungen und Firmen in ganz Deutschland

Laststeigerung durch Formvariation

Stützen sind wichtige Bestandteile der meisten Tragwerke, da sie für den Abtrag der Gebäudelasten in den Baugrund sorgen. Außerdem werden sie seit jeher als architektonische Elemente verwendet, sorgen für offene, frei gestaltbare Räume und besitzen einen symbolischen Charakter. Mit der Forderung, immer höhere Lasten übertragen und gleichzeitig schlank und filigran bauen zu können, werden Hochleistungsbaustoffe wie UHPC notwendig. Schlanke Stützen aus solchen Betonen besitzen jedoch eine erhöhte Knickgefährdung. Allerdings kann die Versagenslast von Knickstützen durch die Wahl der Stützenform beeinflusst und so gegenüber Stützen mit herkömmlichem konstantem Querschnitt vergrößert werden. Dadurch eröffnen sich gänzlich neue Möglichkeiten für ein leichtes, kraftflussgerechtes und architektonisches Bauen.

Gut verständlich wird der Zusammenhang zwischen Stützenform und Traglast bei der Veränderung der Querschnittsgeometrie. So ist bekannt, dass bei gleichem Materialbedarf mit Hohlprofilen eine größere Stabilität erreicht werden kann als mit Vollprofilen. Der Grund hierfür ist, dass die Stabilität einer Stütze im Wesentlichen vom Trägheitsmoment beeinflusst wird, welches umso größer wird, je weiter sich das Material von der Hauptachse entfernt befindet. Demzufolge sollte sich selbst mit einem ungewöhnlichen dreieckigen Grundriss eine Laststeigerung erreichen lassen, da die Dreieckspitzen zu einer Erhöhung des Trägheitsmomentes führen. Zur Verifizierung wurden vier Versuchsreihen durchgeführt, mit denen in der Tat um über 10 % höhere Tragfähigkeiten gegenüber quadratischen Stützen erzielt werden konnten.



Schalung und Betonage einer Stütze mit dreieckigem Querschnitt

Formwork and casting of a column with triangular section

Photo: Angela Schmidt

Die Form einer Stütze wird allerdings nicht nur durch die Querschnittsart bestimmt, sondern auch durch die Gestalt in Stablängsrichtung. Durch die Knickfigur werden höher oder geringer beanspruchte Bereiche einer schlanken Stütze charakterisiert. Aus dieser Kenntnis kann eine günstigere Formgebung in Längsrichtung abgeleitet werden, die jedoch stets von den Lagerungsbedingungen abhängt. Die optimale Form lässt sich mathematisch über die Lösung der Differentialgleichung gewinnen. Für eine beidseitig eingespannte Lagerung wurde die optimierte Geometrie in drei Versuchsreihen getestet. Im Vergleich zu volumengleichen Referenzstützen konnte die Tragfähigkeit so im Durchschnitt um knapp 25 % erhöht werden. Mit unserer experimentellen Überprüfung wurde erstmals die Theorie zu formoptimierten Stäben verifiziert.

Load increase by varying the form

Columns are important structural elements for most buildings and they can have an architectural function too. With the intention of carrying more and more loads and building slender and filigree structures at the same time, high-performance materials, like ultra-high performance concrete (UHPC), become crucial. However, slender UHPC columns have an increased risk of buckling. The failure loads of columns susceptible to buckling are influenced by their shape; thus, an adequate shape selection may result on a column with a higher buckling resistance than that of columns with a constant cross section. This opens new possibilities for a lightweight, architectural building, in which elements are optimized according to the direction and size of forces.

The relationship between the form of the column and the ultimate buckling load is easy to understand by changing the cross-section geometry. It is known that a greater stability can be achieved by using hollow cross sections instead of solid ones, with the same material requirement. The reason is that the stability of a column is essen-



Bruchbild einer dreieckigen Stütze in Stützenmitte
Fracture pattern in the middle of a triangular column
Photo: Angela Schmidt

tially influenced by the moment of inertia, which is increased when material is removed from the main axis. Consequently, one can observe a load increase when using an unusual triangular layout, because the tips of a triangle result in an increase of the moment of inertia. For verification, two series of tests were made which achieved more than 10 % higher load capacities compared to those of square columns.

The form of a column is not only determined by the section type, but also by the shape in the longitudinal direction. Higher or lower stressed areas of a slender column are characterized by the deformation of buckling. Understanding this, a more favourable shape in the longitudinal direction can be derived. However, this form depends always on the column's end support conditions. The optimal shape can be achieved mathematically through the solution of the corresponding differential equation. For a column with fixed ends, the optimized geometry has been verified by three test series. Comparing columns with the proposed shape to reference columns, which have the same volume, the carrying capacity could be increased, on an average, by almost 25 %. Our experimental testing verified the theory for shape optimized columns for the first time.

Titel | Title

Querschnittsadaption für stabförmige Druckbauteile
| Cross sectional adaption for rod-shaped elements in compression

Förderer | Funding

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) / SPP 1542

Zeitraum | Period

07.2011 – 09.2014 (1. Periode)

10.2014 – 09.2017 (2. Periode)

Leiter | Project Manager

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

Bearbeiter | Contributor

Dipl.-Ing. Angela Schmidt

Leichte Deckentragwerke

Im Herbst 2014 ging das Projekt „Leichte Deckentragwerke aus geschichteten Hochleistungsbetonen“ im Rahmen des Schwerpunktprogrammes SPP 1542 in die zweite Förderphase. Während in der ersten Phase der Schwerpunkt auf der Untersuchung von einaxial gespannten, leichten und geschichteten Deckentragwerken lag, werden nun zweiaxial gespannte – und darunter besonders punktgestützte, geschichtete – Decken untersucht.

Durch die dreilagige Anordnung verschiedener Betone entsprechend ihrer Funktionalität können besonders das Eigengewicht und damit der Ressourcenverbrauch von Deckenplatten reduziert werden. Dabei nehmen die härtesten äußeren Schichten Spannungen infolge Biegung und die geringfeste, leichte Kernschicht Schubkräfte auf. Um mögliche Einsparungen an Material und Gewicht aufzuzeigen, wurden drei verschiedene, punktgestützte Deckenausführungen mit einer Stützweite von 7 m numerisch berechnet. Für die Betrachtungen verwendeten wir als Deckschichtmaterial einen Normalbeton C25/30 und für die Kernschicht einen Leichtbeton der Festigkeitsklasse LC8/9 mit einer Trockenrohdichte von $0,78 \text{ kg/dm}^3$. Als Referenz diente eine herkömm-

liche ebene Vollplatte, die mit einer Höhe von 30 cm und einer Bewehrungsmenge von $0,51 \text{ t}$ pro Feld ihr Eigengewicht, eine Ausbaulast von $1,5 \text{ kN/m}^2$ und eine Verkehrslast von 5 kN/m^2 aufnehmen kann. Im Vergleich dazu trägt eine gevoutete Vollplatte mit einer Querschnittshöhe von 10 cm im Feldbereich bzw. 40 cm über der Stütze gleiche Lasten mit 48 % weniger Betonmasse bei einem Stahlmehrverbrauch von lediglich 8 % ab. Die Ersparnisse beim Eigengewicht und der erforderlichen Bewehrungsmenge können durch eine dreilagige Schichtung der Decke auf 52 % bzw. 8 % im Vergleich zur Referenzplatte erhöht werden, wenn das Bauteil in Feldmitte 10 cm und im Stützbereich 48 cm dick ist.

Die theoretischen Ergebnisse sollen zukünftig durch Experimente bestätigt werden. Dazu erfolgt in einem ersten Schritt die Untersuchung von ebenen dreischichtigen Platten mit den Abmessungen $2 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 0,1 \text{ m}$, die liniengelagert den Feldbereich punktgestützter Decken repräsentieren sollen. In einem weiteren Schritt sollen etwa 20 cm starke, punktförmig gelagerte, ebene und gevoutete Platten zur Untersuchung des besonders durchstanzgefährdeten Stützbereiches gefertigt und bis zum Bruch belastet werden.



Schwinduntersuchungen an Normal- und Porenleichtbeton
Shrinkage tests of regular and porous lightweight concrete
 Photo: Michael Frenzel

Lightweight ceiling structures

The project "Lightweight ceiling structures made of layered high-performance concrete", as part of the Priority Programme SPP 1542, has continued in the second funding phase that started in autumn 2014. While the focus in the first funding phase was on one-way spanning, lightweight and layered ceiling slabs, two-way, and particularly point supported flat slabs, are now being investigated.

By casting three layers of various concretes according to their functionality, the self-weight of ceiling slabs, and thus the associated consumption of natural resources, are reduced. The high-strength exterior layers absorb stresses due to bending, and the lower strength, lightweight core layer, the shear forces. In order to show possible savings in material and weight, the load bearing capacity of three point-supported multi-span flat slabs, with a span of 7 m, were numerically calculated. For the analysis, a concrete class C25/30 for the outer layers and a lightweight concrete LC8/9 with a dry bulk density of 0.78 kg/dm^3 for the core layer were used. All three structures fulfilled the required serviceability and ultimate limit state checks considering the self-weight, a dead load



Die großformatigen geschichteten Platten werden auf der Freifläche des OML hergestellt.

The large-sized layered concrete slabs are concreted on the OML yard. Photo: Michael Frenzel

of 1.5 kN/m^2 , a live load of 5 kN/m^2 with a height of 30 cm, and an amount of reinforcing steel of 0.51 tonnes per $7 \text{ m} \times 7 \text{ m}$ slab. As a reference, the material requirements of a conventional flat solid slab was used as a baseline. In comparison, a haunched solid slab with a thickness of 10 cm at midspan and 40 cm above the supports (and 8 % more reinforcing steel), carried equal loads with 48 % less concrete. The savings in weight and steel are higher (52 % and 8 % respectively) by using a three layered cross-section, with a thickness of 10 cm at midspan and of 48 cm at the support.

The theoretical results are to be confirmed by testing. For this purpose, as a first step, sandwich elements with a size of $2 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 0.1 \text{ m}$ are manufactured and will be loaded soon. They will be supported along four edges, representing the midspan region of an equivalent point supported flat slab. In the future, a one-point supported flat and haunched slabs, with a thickness of 20 cm, will be casted and tested to investigate punching failure at the support area of the slab.

Titel | Title

Leichte Deckentragwerke aus geschichteten Hochleistungsbetonen | *Lightweight ceiling structures made of layered high-performance concrete*

Förderer | Funding

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) / SPP 1542

Zeitraum | Period

10.2011 – 10.2014 (Phase 1)

11.2014 – 10.2017 (Phase 2)

Leiter | Project Manager

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

Bearbeiter | Contributor

Dipl.-Ing. Michael Frenzel

Wenn Litze auf Litze trifft

Für die Energiewende benötigt man neue Höchstspannungsleitungen, die jedoch mit geringem Raumbedarf und schonendem Eingriff in das Landschaftsbild errichtet werden sollen. Die Masten und Traversen müssen möglichst kompakt gestaltet werden. Damit nähern sich nicht nur die stromführenden Leiterseile der Tragkonstruktion an, sondern es sind Elektro- und Bauingenieure gemeinsam gefordert, die daraus resultierenden Beanspruchungen zu bewerten. In dem Verbundforschungsvorhaben KoHöMaT (kompakte Höchstspannungsmasten und -traversen) entwickeln sieben Projektpartner gemeinsam Lösungen für Stahlvollwandmasten und Schleuderbetonmasten aus ultrahochfestem Beton (UHPC) sowie für Traversen und Isolatoren und deren Umweltauswirkungen.

Am Institut für Massivbau werden gemeinsam mit dem Institut für elektrische Energieversorgung und Hochspannungstechnik (IEEH) der Technischen Universität Dresden die Materialeigenschaften des UHPC untersucht. Die erforderlichen Kenngrößen für den geplanten Einsatz beschränken sich dabei nicht nur auf mechanische Festigkeit oder Elastizitätsmodul, sondern auch die elektrische Festigkeit, der elektrische Widerstand und die Wärmeleitfähigkeit sind von

Bedeutung. Oftmals sind für die Ermittlung der elektrischen Eigenschaften völlig neue Probekörperformen und Versuchsaufbauten zu entwickeln. Erste Versuche zeigen z. B., dass Beton den Isolatoren zugeordnet werden kann, allerdings bei weitem nicht die Werte von Keramik erreicht.

Die Auswirkungen, die die elektro-magnetischen Felder auf die mechanischen Eigenschaften haben, werden in Verbundversuchen ermittelt. Dafür werden an den Bewehrungsstahl Ströme angelegt, die denen entsprechen, die maximal in der Bewehrung im Mast induziert werden. Dabei kann sich der Stahl auf bis zu 80 °C erwärmen. Im Rahmen einer Wechselbeanspruchung werden die Probekörper über 700-mal erwärmt und wieder auf Raumtemperatur abgekühlt. Nachdem die anschließenden Auszugversuche bei Betonstahl keine signifikanten Unterschiede im Vergleich zu nicht vorbelasteten Referenzproben zeigten, werden aktuell Spannstahllitzen untersucht. Nahezu gleiche geometrische Verhältnisse in der Verbundzone werden durch die Vorspannung der Litzen während der Betonage auf ein Viertel ihrer Streckgrenze erreicht. Die bisher durchgeführten Versuche zeigen insgesamt keinerlei Ergebnisse, die den Einsatz von UHPC in Höchstspannungsmasten in Frage stellen.



Litzen unter Spannung – Betonage der Auszugkörper mit vorgespannten Spannstählen

Strained strands – casting the pull-out specimens with prestressed steel strands

Photo: Kathrin Dietz

When a strand meets a strand

A transition to renewable energy requires construction of new high voltage power lines. The power grid should not only take minimum space, but it should also be carefully fitted in the surrounding landscape. For this reason, the pylons are required to be as compact as possible. A close cooperation between civil and electrical engineers is required to solve the challenges resulting from bringing the conductors closer to the load bearing structure. In the joint research project KoHöMaT (compact highest voltage pylons and cross arms), seven project partners are developing together solutions for tubular steel pylons and pylons made of centrifuged ultra-high performance concrete (UHPC) to be used as compact highest voltage pylons while minimizing the impact on the landscape. The material parameters of UHPC are studied at our institute in cooperation with the Institute of Electrical Power Systems and High Voltage Engineering (IEEH) of the Technische Universität Dresden.

The important parameters for the intended use are not only the mechanical strength or the modu-



Litzen unter Spannung – Kontaktierung der Spannstähle zur thermischen Vorbelastung des Verbundbereichs

Energized strands – contacting the steel strands for thermal stressing of bond zone Photo: Kerstin Speck

lus of elasticity, but also the electrical resistance and thermal conductivity of UHPC. For this task, it is often required to develop new specimen types and experimental procedures. The first results, for instance, showed that the concrete behaves as an insulator although far not as good as ceramic.

The influence of electromagnetic fields on the bond between concrete and steel reinforcement is studied with the help of pull-out tests. During this tests an electric current, corresponding to the current that can be maximally induced in the real conditions into the reinforcement, is applied to the rebar. This causes an increase of the rebar's temperature up to 80 °C. The current induction process is repeated in 700 cycles in which the bar is heated and then cooled back to room temperature. The comparison of the maximum bond stress of the evaluated samples to the reference samples showed no significant influence in case of the normal reinforcing steel. The influence on the bond of prestressing tendons is now under investigation. During the experimental work, the tendons were prestressed to one fourth of their yield capacity to ensure that strands are always aligned in the same manner. Based on the current experimental results, there is no evidence that would put the applicability of UHPC for high voltage towers in question.

Titel | Title

Untersuchungen zum Einfluss elektrischer, thermischer und mechanischer Belastung auf die Materialparameter sowie zur elektrischen Lebensdauer des bewehrten UHPC | *Investigations on the influence of electrical, thermal and mechanical loading on material parameters as well as on electrical endurance of reinforced UHPC*

Förderer | Funding

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi); Projektträger: PT Jülich / KoHöMat

Zeitraum | Period

10.2013 – 03.2016

Leiter | Project Manager

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

Bearbeiter | Contributor

Dr.-Ing. Kerstin Speck

Projektpartner | Project Partners

IEEH, TU Dresden | Europoles GmbH & Co. KG, Neu- markt | LAPP Insulators GmbH, Wunsiedel | Fichtner GmbH & Co. KG, Stuttgart | iBMB, TU Braunschweig | Versuchsanstalt für Stahl, Holz & Steine im KIT, Karlsruhe

Stahlbetonplatten unter Impact

Seit den Ereignissen des 11.09.2001 ist das Szenario, dass ein Bauwerk von einem Flugzeug getroffen wird, kein rein theoretisches Problem für die zu betrachteten Bemessungssituationen im Bauwesen mehr. Ungeachtet der Ursache eines solchen Ereignisses besteht die Aufgabe von Ingenieuren darin, dieses Belastungsszenario zu berücksichtigen und die Standsicherheit eines Bauwerks zu gewährleisten. Mit den Untersuchungen im aktuellen Forschungsvorhaben soll betrachtet werden, mit welchen Methoden und Modellen diese Berechnungen durchgeführt werden können, um den Ingenieuren in der Praxis die richtigen Hilfsmittel an die Hand zu geben.

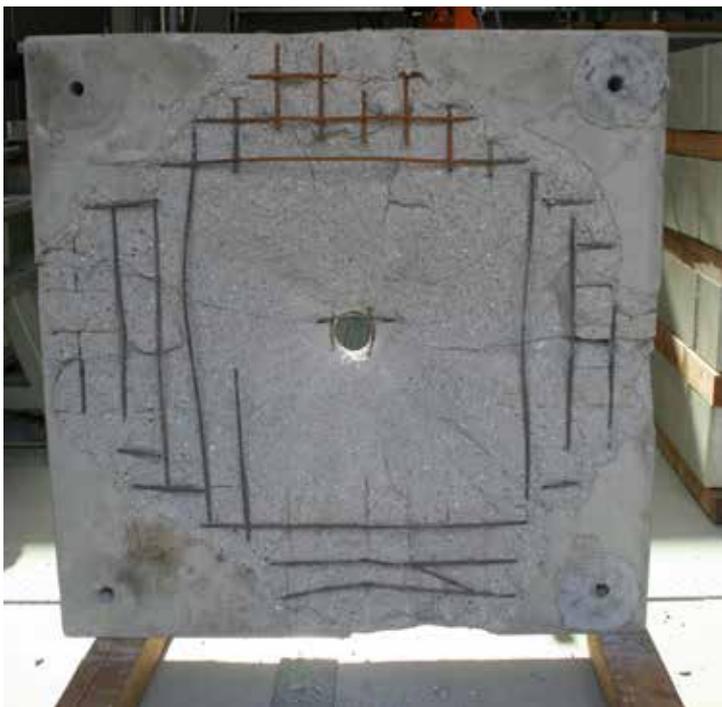
Um diese Modelle mit Messdaten zu hinterlegen, wurden bereits im Vorjahr in mehreren Versuchsreihen Impactversuche mit Stahlbetonplatten im Fallturm des Otto-Mohr-Laboratoriums durchgeführt. Dabei wurden beispielsweise unterschiedliche Plattenabmessungen, Bewehrungsgehalte

und Impactmassen sowie durch variable Fallhöhen auch verschiedene Impactgeschwindigkeiten betrachtet. In diesem Jahr folgten weitere zehn Versuche, um die Datengrundlage zu kompletieren. Insgesamt wurden im Rahmen dieses Projektes über 70 Impactversuche mit Stahlbetonplatten durchgeführt. Anhand der gesammelten Versuchsdaten wurden das Tragverhalten und die sich jeweils einstellende Schädigung der Stahlbetonplatten untersucht. Dabei konnten Versagensbilder von Biegerissen bis hin zu vollständig ausgebildeten Ausbruchkegeln an den Stahlbetonplatten festgestellt werden. Die auftretenden Versagensbilder sind dabei vor allem von der jeweiligen Fallgeschwindigkeit des Impactors abhängig.

Aber nicht nur die von außen sichtbare Beschädigung der Proben ist von Interesse. An der BAM in Berlin wird versucht, mittels tomographischer Methoden ins Innere der vorgeschädigten Platten zu schauen, um das Schädigungsausmaß quantifizieren zu können.

Ein weiterer Schwerpunkt in diesem Projekt ist die Betrachtung von Maßstabeffekten, um nach Möglichkeit einen standardisierten kleinmaßstäblichen Versuch zur Bestimmung des Impactwiderstandes einer Stahlbetonplatte zu entwickeln, da reale Bauteilgrößen, wie z. B. bei den Außenhüllen von Kernkraftwerken, versuchstechnisch nur schwer zu meistern sind. Des Weiteren ist ein Berechnungsmodell für die Nachrechnung der durchgeführten Impactversuche in Arbeit.

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages unter dem Förderkennzeichen 1501438 gefördert.



Blick auf die Unterseite einer Stahlbetonplatte nach einem Impactversuch

*Bottom side of a reinforced concrete slab after impact
Photo: Thomas Häntzschel*

Reinforced concrete slabs under impact

Since the incidents of September 11th, 2001, the scenario of an aircraft striking a structure has become more relevant and tangible than ever before for both engineers and the design of buildings. In order to guarantee the structural safety of the building, it is necessary that the design can handle an impact load case, regardless of what caused such an occurrence. The current research and testing at our institute intends to propose procedures and structural models to calculate the various load scenarios that shall be considered when dealing with the situation of an impact event.



Stahlbetonplatte unmittelbar nach einem Impaktversuch

Reinforced concrete plate immediate after testing with an impact load Photo: Thomas Häntzschel

To validate the procedures and models with measured data, impact experiments with reinforced concrete slabs were carried out at the Otto-Mohr-Laboratorium using an 11 m high drop tower. To investigate the behaviour of the reinforced slabs under impact different input parameters were varied: the geometry of the slabs, the

reinforcements content as well as the speed and the mass of the impactor. This year, 10 experiments were carried out to complete the existing database. Altogether, more than 70 experiments with slabs made of reinforced concrete were carried out in this project. With the collected data, it was possible to investigate the load bearing and the failure behaviour of reinforced concrete slabs. The observed failure pattern varied from bending cracks to failure cones when punching shear failure occurred. The most significant parameter in terms of the damage observed was found to be the speed of the impactor.

Investigation of the outer damage is only one part of the project. At our project partner BAM, Berlin, the inner cracks are examined with tomographic methods to estimate and quantify the degree of damage.

Another main aspect is the investigation of size effects. These effects are investigated to develop a standardized small size impact test. A small size test is necessary because it is extremely difficult to test real structures like walls of a nuclear power plants. Furthermore, a calculation model for post-test calculation is under development.

Titel | Title

Bauteilverhalten unter stoßartiger Beanspruchung durch aufprallende Behälter (Flugzeugtanks) | *Structural behaviour under impact loading by the impacting container (aircraft tanks)*

Förderer | Funding

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)

Zeitraum | Period

07.2012 – 12.2014 (Phase 1A)

08.2014 – 07.2016 (Phase 1B)

Leiter | Project Manager

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

Bearbeiter | Contributors

Dipl.-Ing. Marcus Hering, Martin Just M.Sc.

Projektpartner | Project Partner

BAM – Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin

Beton-Stahl-Verbund bei Impact

Die Welt verändert sich rasant und stellt uns vor neue Herausforderungen, die nicht nur den baulichen Entwurf betreffen, sondern auch die dazugehörigen Sicherheitskonzepte. Als der meistverwendete Konstruktionswerkstoff ist Stahlbeton häufig den verschiedensten Impactbelastungen ausgesetzt. Terroristische Anschläge wie Kontaktexplosionen, Projektilenschläge und andere Arten des harten Impakts stellen für die heutige Gesellschaft eine ernst zu nehmende sicherheitsrelevante



Push-in-Impaktbelastung
Push-in impact loading test
 Photo: Ulrich van Stipriaan

Bedrohung dar. Es sind Ereignisse von kurzer Dauer, wonach für ihre Bemessung die Ausnutzung des sogenannten Dehnrateneffektes – Zuwachs von Materialfestigkeiten mit steigender Belastungsgeschwindigkeit – denkbar wäre. Ziel des laufenden Projektes ist es, den Einfluss dieses Effektes auf das Verbundverhalten zwischen Beton und Bewehrungsstahl unter Impactbelastung zu untersuchen. Unter quasi-statischer Belastung hängt die Verbundfestigkeit in erster Linie von der Druckfestigkeit und der Spaltzugfestigkeit des Betons ab. Diese Abhängigkeit kann im dynamischen Fall womöglich eine andere sein, da der Dehnrateneffekt im Zugbereich ausgeprägter ist als im Druckbereich.

Bei den laufenden Versuchen wird die Verbundfestigkeit zwischen Stahl und Beton unter Impactbelastung mit der unter quasi-statischer Belastung verglichen. Dabei wird zwischen zwei Belastungsarten unterschieden: Pull-out und Push-in. In den bisherigen Versuchen schien es, als wäre die Belastungsart im quasi-statischen Fall vernachlässigbar, wohingegen sich Unterschiede zwischen Pull-out und Push-in bei Impactbelastung insofern deutlicher abzeichneten, als sich bei ersteren eine deutlichere Abhängigkeit von der Dehnrate ergab. Es zeigte sich auch, dass die Verbundfestigkeit zwischen Stahlstab und Beton bereits bei mittleren Belastungen, einer Aufprallgeschwindigkeit von 1–2 m/s entsprechend, um bis zu 150 % ansteigt. Um das Verbundverhalten unter höheren Impactbelastungen zu untersuchen, sind für das nächste Jahr Versuche in der Split-Hopkinson-Prüfeinrichtung geplant.

Darüber hinaus werden numerische Simulationen durchgeführt, um die Geometrie der Probe und den exakten Versuchsaufbau abzustimmen. Zudem werden detaillierte numerische Modelle für die Simulation des lokalen Verbundverhaltens generiert. Auf die globalen Verbundspannung-Schlupf-Beziehungen abgestimmt, sollten sie lokale Einblicke in die Struktur erlauben, welche experimentell nicht zu erhalten sind, ohne in das Material einzugreifen.

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages unter dem Förderkennzeichen 1501486 gefördert.

Bond design for impact

The world is rapidly changing and new challenges are faced not only in structural design but also in addressing safety design issues. Since reinforced concrete is the most widely used structural material, it is often subjected to different kinds of impact loadings. In the modern world, a high security threat of terrorist attacks like plane crashes, contact explosions, projectile impacts and other types of hard impacts exists. These incidents have short durations, and thus the increase of material properties due to the so called strain rate effect can be utilized in the design for impact. Therefore, the goal of the current project is to show how this effect influences the bond behaviour of steel reinforcement in concrete under impact loading. In the quasi-static case, the bond is predominantly dependent on the compressive strength of concrete as well as the splitting tensile strength. This dependency may be shifted in the case of impact loading, as the tensile strength strain effect is higher than the compressive one.

In the on-going experiments, we compare the bond strength of a reinforcement bar and concrete under impact loading with that of the quasi static one. Two modes of loading are considered: pull-out and push-in tests. So far, the loading mode appeared to have a negligible influence during quasi static loading, whereas the difference under impact loading proved to be more significant. Here, the pull-out mode of testing revealed greater sensitivity to the loading rate compared with the push-in tests. It also showed



Versuchskonfiguration für quasi-statischen Pull-out-Test an kleinem Zylinder

Experiment configuration for quasi-static pull-out test of small cylinders Photo: Ulrich van Stipriaan

that the strength of the bond between steel rebar and concrete increases up to 150 % already at intermediate loading rates corresponding to the impact speed of 1–2 m/s. To help determine the bond behaviour under high impact rates, tests in a split-Hopkinson bar are planned in the following year.

In addition, numerical simulations are carried out to calibrate the geometry of the specimen and the exact experimental setup. Furthermore, a detailed numerical model is being created for the simulation of the local bond behaviour. Calibrated using the global bond stress-slip relationships, it should allow a local insight into the structure which is impossible to record experimentally without disturbing the material.

Titel | Title

Verbund zwischen Beton und Bewehrungsstahl bei hohen Belastungsgeschwindigkeiten | Bond between concrete and steel under high loading rates

Förderer | Funding

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMW)

Zeitraum | Period

10.2014 – 09.2017

Leiter | Project Managers

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach
Prof. Dr.-Ing. habil. Ulrich Häußler-Combe

Bearbeiter | Contributors

M.Eng. Petr Máca, Dipl.-Ing. Evmorfia Panteki

Wenn Wellen wandern...

Wer hat nicht schon einmal am Ufer eines Sees gesessen und verträumt den gleichmäßigen Kreisen der Wellen auf der Wasseroberfläche hinterhergesehen? Aber wer macht sich dabei schon Gedanken über die Festigkeit von Beton? Und doch gibt es da einen Zusammenhang, denn Wellen breiten sich nicht nur an Wasseroberflächen sondern in allen festen, flüssigen und gasförmigen Stoffen als Longitudinal- oder Transversalwellen oder Mischform aus beiden aus. Dabei werden Wellen an Materialübergängen in unterschiedlichem Maß reflektiert bzw. transmittiert. Dieses Wellenverhalten kann vielfältig genutzt werden, im Bauwesen zum Beispiel für zerstörungsfreie Bauwerksuntersuchungen oder in der Forschung zur Untersuchung und Beschreibung von Stoßvorgängen – Impaktbelastung – auf Beton oder Stahlbetonbauteile.

An unserem Institut wird das Verhalten von Beton unter hohen Belastungsgeschwindigkeiten mit Hilfe zweier verschiedener Split-Hopkinson-Bars (SHB) untersucht. Dieser Versuchsaufbau beruht auf der Übertragung eines Stoßimpulses durch einen zylindrischen Aluminiumstab in den Probekörper. Bis zum Betonversagen wird ein Teil des eingeleiteten Stoßimpulses durch die Probe in einen zweiten Aluminiumstab übertragen. Die

Amplitude, Wellenlänge und -form können in beiden Stäben vor und hinter dem Probekörper erfasst werden und lassen Rückschlüsse auf das Verhalten des Betons zu. Je nach Versuchskonfiguration können sowohl kurzzeitige hochdynamische Druck- als auch Zugbelastungen in den Betonproben erzeugt werden.

Generell ist aus der Forschung der vergangenen Jahrzehnte bekannt, dass die von Beton ertragbaren Zug- und Druckbelastungen mit steigender Belastungsgeschwindigkeit zunehmen. Außerdem wirkt sich auch ein mehraxialer Druckspannungszustand festigkeitssteigernd aus. Daraus ergibt sich die aktuell bearbeitete Fragestellung, ob und wie sich diese beiden Effekte überlagern, wenn eine Betonprobe aus mehreren Richtungen gleichzeitig stoßartig belastet wird. Für diese Untersuchungen wurde am Institut ein zweiaxialer SHB entwickelt. Bisherige Ergebnisse zeigen, dass die dynamische Betondruckfestigkeit mit zunehmendem statischem Querdruck ansteigt. Zudem ist durch eine zweite dynamische Belastung in Querrichtung eine weitere Festigkeitszunahme zu verzeichnen.



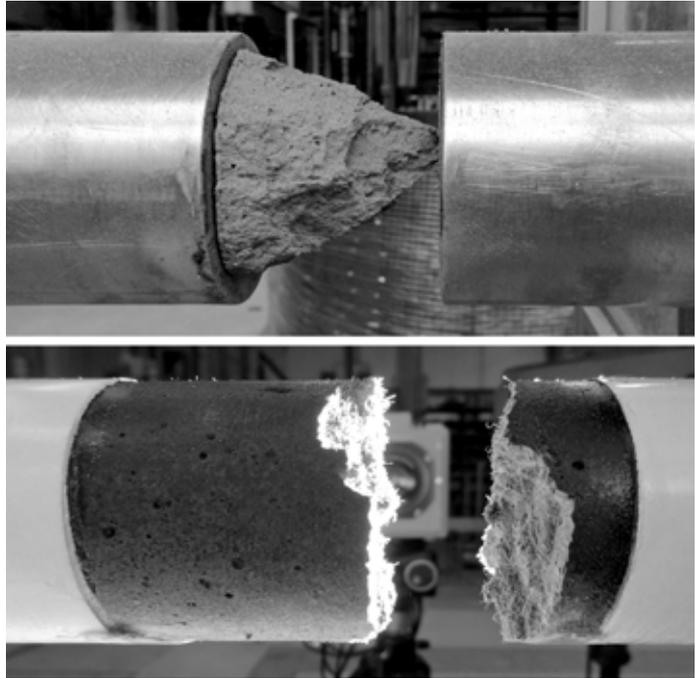
Konzentrische Wellen an der Wasseroberfläche
Concentric waves at the water surface Photo: Ulrich van Stipriaan

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages unter dem Förderkennzeichen 1501483 gefördert.

When waves propagate...

Who has not ever sat on the shore of a lake and daydreamed while watching the uniform circles of propagating waves on the water surface? But who worries about this and the strength of concrete? And yet, there is a relationship; the waves propagate not only on water surfaces but also in all solid, liquid and gaseous materials as longitudinal or transverse waves or a mixture of both. Here, waves are reflected or transmitted within the material interfaces to varying degrees.

Understanding of this wave behaviour can be used in several ways, for example, in civil engineering for non-destructive structural inspections or for research in the investigation and description of impact loading on concrete or reinforced concrete structures. At our institute, the behaviour of concrete under high loading rates is studied by the use of two different split-Hopkinson bars (SHB). This experimental set-up is based on the transmission of a shock pulse by a cylindrical aluminium bar into a test specimen. Until the concrete fails, a part of the induced shock pulse is transmitted through the specimen to a second aluminium bar. Amplitude, wave length and wave shape can be measured in the bars before and behind the test specimen, allowing to draw conclusions regarding



Versagte Betonproben im SHB, oben nach Druck- und unten nach Zugversuch

Failed concrete specimen in the SHB after a compression (top) and after a tensile test (bottom)

Photos: Matthias Quast (top), Aazim Ashraf Jan (bottom)

the behaviour of the concrete. Depending on the experimental configuration, both short-term high dynamic compressive and tensile stresses can be generated in the concrete specimen.

Generally, it is well known from past research that the bearable tensile and compressive stresses of concrete increase with the loading rates. In addition, a multi-axial state of compressive stress causes an increased concrete strength. This leads to the question, currently under investigation, of whether and how these two effects interfere when a concrete specimen is stressed by an impact load acting simultaneously on multiple directions. For these studies, a biaxial SHB was developed at our institute. Current results show that the dynamic concrete compressive strength increases with increasing static lateral pressure. Furthermore, an additional increase of the compressive strength can be caused by a lateral dynamic instead of the static loading.

Titel | Title

Zweiachsale Betondruckfestigkeit unter hohen Belastungsgeschwindigkeiten | Biaxial compressive strength of concrete under high loading rates

Förderer | Funding

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMW)

Zeitraum | Period

10.2014 – 09.2017

Leiter | Project Manager

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

Bearbeiter | Contributor

Dipl.-Ing. Matthias Quast

Betonversagen numerisch verstehen wollen

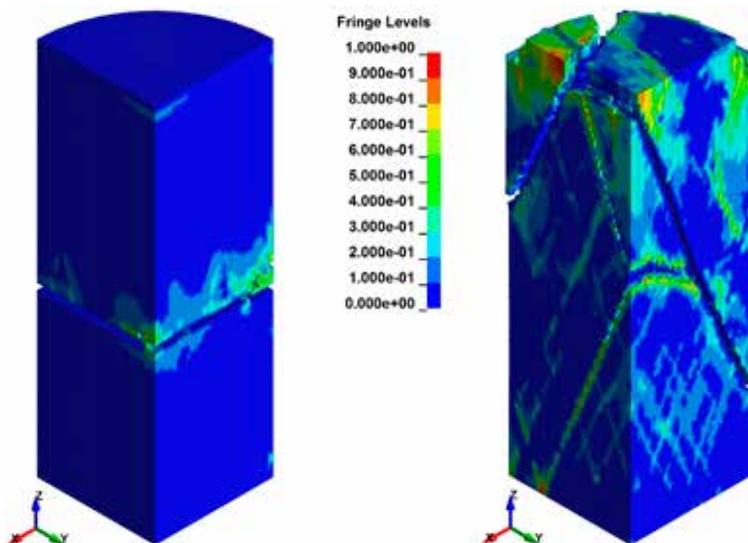
Die experimentelle und numerische Untersuchung des Verhaltens von Strukturen unter dynamischen Belastungen ist Gegenstand der Forschung am Institut für Massivbau der TU Dresden. Eine Vielzahl von Projekten zu dieser Thematik betrachten sowohl das lokale Materialverhalten unter verschiedenen Belastungszuständen als auch dessen Einfluss auf das globale strukturelle Verhalten bei moderaten Beanspruchungsgeschwindigkeiten. Typische Vertreter für das letztgenannte Belastungsszenarium sind beispielsweise Aufprallbelastungen infolge von Fahrzeuganstoßen, Flugzeugabstürzen oder bei Felsrutschen etc.

Die hohe Geschwindigkeit bei dynamischen Experimenten führt wahrscheinlich zu einem Dehnrateneffekt in Form einer entsprechenden Festigkeitssteigerung beim Werkstoff Beton. Dies wurde bereits von mehreren Autoren sowohl für den Druckbereich als auch im Zugbe-

reich postuliert. Unabhängig davon kann dieser Effekt in numerischen Modellen beispielsweise als eine Art Viskosität oder Dämpfung bei niedrigen Dehnraten oder als Rissöffnungsträgheit bei höheren Geschwindigkeiten beschrieben werden. Anhand einer Vielzahl von numerischen Benchmark-Modellen konnte aber auch gezeigt werden, dass der strukturelle und materielle Anteil bei den zugrunde liegenden Experimenten nicht wirklich separiert werden kann und jeder dieser Kennwerte jeweils beide Anteile beinhaltet. Dieser Fakt macht es äußerst schwierig, Kennwerte aus dynamischen Experimenten auf die Realität oder in entsprechend allgemeingültige Berechnungsmodelle zu überführen.

Die numerische Abbildung der der Kennwertermittlung zugrunde liegenden Versuche gibt Aufschluss über die wahren Zustände im Experiment und zeigt, dass die bisherigen Annahmen zum Dehnrateneffekt sehr vereinfacht formuliert sind und so

perspektivisch nicht wirklich haltbar sind. Mit der Kenntnis der lokalen Zusammenhänge lassen sich die bisherigen Auswertemethoden kritisch hinterfragen und neue Methoden hierfür entwickeln.

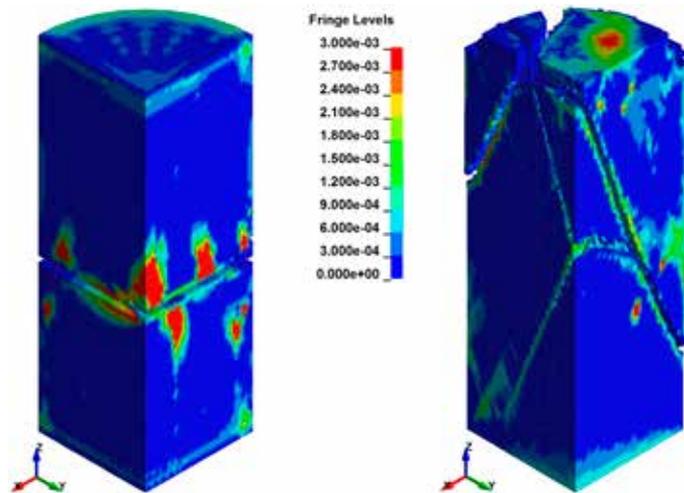


Dehnungszustand für Zug- (links) und Druckbeanspruchung (rechts) in einem Zylinder aus Stahlfaserbeton kurz nach der global gemessenen maximalen Spannung auf einer mesoskopischen Betrachtungsebene bei Stoßbelastung
Spatial strain distribution within a tensile (left) and compressive (right) loaded cylindrical steel fibre sample ad time of global maximum stress. Graphic: Tino Kühn

Understanding concrete failure numerically using FEM

The experimental and numerical study of the behaviour of structures under dynamic and static loading conditions is one of the main research subjects at the TU Dresden Institute of Concrete Structures. A variety of projects on this subject, regarding the local material behaviour under various loading conditions, as well as its influence on the global structural behaviour at moderate stress rates, are pending. Typical and representative load scenarios are for example impact loads due to vehicle or aircraft crashing, or those caused by falling rocks. These high speed dynamic experiments probably lead to the so called strain rate effect in the form of an increase in the strength of concrete. This theory has already been postulated by several authors, both for the pressure range as well as for the tensile domain.

Regardless, this effect can be described using numerical models as some sort of viscosity or damping at low strain rates or as a crack opening inertia at higher speeds. But based on a variety of numerical benchmark models, it could also be



Spannungszustand für Zug- (links) und Druckbeanspruchung (rechts) in einem Zylinder aus Stahlfaserbeton kurz nach der global gemessenen maximalen Spannung auf einer mesoskopischen Betrachtungsebene bei Stoßbelastung
Stress distribution within a tensile (left) and compressive (right) loaded cylindrical steel fibre concrete sample ad time of global maximum stress Graphic: Tino Kühn

shown that the structural and material response in the underlying experiments cannot be separated since these characteristics are interconnected. This fact makes it extremely difficult to transfer material parameters from dynamic experimental observations into real case scenarios or into generally accepted calculation models.

Furthermore, the numerical modelling of the underlying experimental procedures sheds light on the true conditions of the experiment and shows that the preliminary assumptions that are formulated for strain rate effects are very simplified and not quite reliable. With the knowledge of the local interactions, the current evaluations methods can be critically analysed and optimized, which will be done in future.

Titel | Title

Experimentelle Untersuchung des Verhaltens von Stahlbetonplatten unter Impaktbelastung | *Experimental study of reinforced concrete slabs under impact loading*

Förderer | Funding

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Zeitraum | Period

07.2013 – 06.2016

Leiter | Project Manager

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

Bearbeiter | Contributor

Tino Kühn M.Sc.

Projektpartner | Project Partners

Institut für Statik und Dynamik der Tragwerke,
TU Dresden | Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik
Ernst-Mach-Institut (EMI), Freiburg

Beton ist grau und undurchsichtig?

Beton besitzt neben seinen bekannten statischen Materialeigenschaften, die ihn zum mit großem Abstand meistgenutzten Werkstoff für Massivbaukonstruktionen machen, eine Vielzahl dynamischer Eigenschaften, die sowohl von theoretischem als auch von zunehmend praktischem Interesse sind – man denke etwa an die verheerende Wirkung von Erdbeben, den Anprall großer, sich bewegender Massen oder die Problematik des Einschlags von Objekten mit hoher kinetischer Energie.

Impaktsituationen zeichnen sich durch ihre extreme Kurzzeitigkeit aus, die einerseits aus der Plötzlichkeit der Einwirkung, andererseits aus der sehr hohen Ausbreitungsgeschwindigkeit der durch die Einwirkung im Material erzeugten Stoßwellen resultieren. Diese Kurzzeitigkeit stellt das Laborexperiment vor nicht unerhebliche Probleme. Zum einen müssen entsprechende Impaktsituationen mit maschinellem Aufwand generiert werden. Falltürme, Beschussanlagen oder der Split-Hopkinson-Bar sind komplexe ingenieurtechnische Vorrichtungen, die mit hohem Aufwand entworfen, betrieben und gewartet werden müssen. Darüber hinaus lassen sich die durch die applizierte Messtechnik gewonnenen experimentellen Daten nicht immer und nicht

ohne weiteres sofort und richtig interpretieren, da das getestete Material nicht durchsichtig ist.

Numerische Simulationen verfolgen die Absicht, das Material ein wenig „durchsichtiger“ zu machen. Sie erlauben es, eine zumindest qualitative Vorstellung davon zu gewinnen, welche Phänomene hinsichtlich Stoßwellenausbreitung und Schädigung zu erwarten und im jeweiligen Probekörper wo und wann messbar sind. Diskrete-Elemente-Simulationen haben darüber hinaus das Ziel, das Material Beton nicht als Kontinuum zu behandeln, zu begreifen und zu beschreiben. Risse, Abplatzungen und die Ausstoßung ganzer Kegel von virtuellem Material stellen keine hinzuzufügenden Features dar, sie sind Bestandteil der Rechnung. Aktuell wird im Rahmen dieses Forschungsprojektes daran gearbeitet, gerade auch das dynamische Materialverhalten von Beton im numerischen Experiment nicht nur abbilden, sondern sein Schädigungsverhalten gleichsam entdecken und beobachten zu können.

In diesem Jahr standen zahlreiche Plausibilitätstests und umfangreiche Parameterstudien zum dynamischen Materialverhalten von Beton, insbesondere zu Schockwellenausbreitung und Spallation im Mittelpunkt.



Durchstanzte Platte nach einem Fallturmversuch
RC slab after an impact loading Photo: Martin Just

Concrete – some kind of transparency

Besides its well-known static properties, which make concrete the most commonly used material for massive construction, this material offers a fascinating variety of dynamic effects which are of both theoretical and very practical interest – one may think of earthquakes, high-mass accidents or impact situations. Such situations are characterized by extreme suddenness, caused by the brief duration of the loading itself, as well as by the high velocity of shock wave propagation and crack evolution inside of the material or the structure exposed to the sudden heavy loading.

However, it is a challenging task to investigate impact situations in the laboratory.

Not only does it take some effort to generate such situations at full-scale – a drop tower, the split-Hopkinson pressure bar and other devices are complex man-made constructions which have to be designed, built, run and maintained. Often enough, it is also not clear where and when the phenomena of interest will occur inside of the respective specimen and how the experimental results obtained by the applied sensors and gauges are to be interpreted and extrapolated.

Titel | Title

DEM-Simulationen zum mehraxialen Schädigungsverhalten von Beton | *Discrete element simulations of multiaxial material behaviour and failure mechanisms of concrete*

Förderer | Funding

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Zeitraum | Period

03.2012 – 02.2014 (Phase 1)

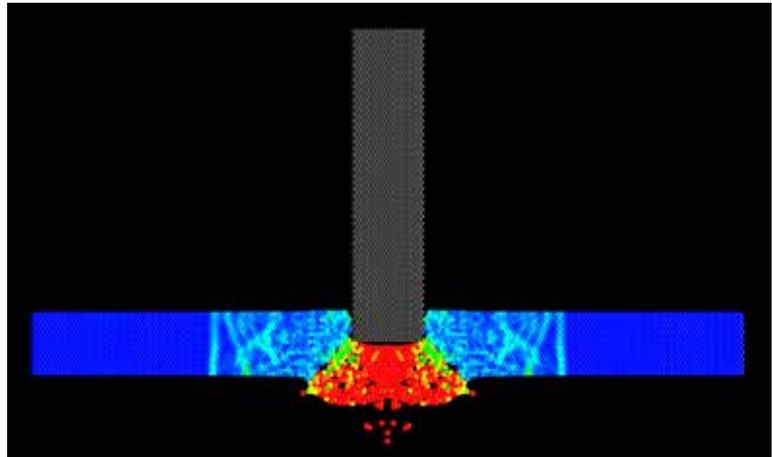
08.2014 – 07.2016 (Phase 2)

Leiter | Project Manager

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

Bearbeiter | Contributor

Dipl.-Math. Dirk Reischl



Impaktsimulation: Durchstanzen einer Platte; deutlich sind Durchstanzkegel und Stoßwellenausbreitung im virtuellen Probekörper zu sehen

Numerical simulation: the visualization shows the characteristic cone of expelled material and shock wave propagation inside the virtual specimen Graphic: Dirk Reischl

Numerical simulations can help to make the material a little more transparent. They allow – at least in a qualitative manner – to get an idea, to get a picture of phenomena like shock wave propagation, crack evolution and spallation. Discrete element simulations avoid understanding and describing concrete as a continuum. They take into consideration the material's heterogeneity and allow the virtual aggregates and/or cement particles to interact, to lose contact and to re-interact at each stage of the simulation. Phenomena like wave propagation and crack evolution, spalling effects and even cones of material being expelled from the virtual specimen emerge in a quite natural way. In the course of this research project, we try to investigate the quasi static and the dynamic material behaviour of concrete, which may help with the dimensioning of experiments as well as with the interpretation and, possibly, the extrapolation of the experimental results.

Numerous plausibility test and parameter studies of concrete's dynamic material behaviour, in particular, shock wave propagation and spall fracture, made out a good part of our work in 2015.

Platten unter Zug

Grundvoraussetzung für die Tragwirkung von Stahl- und Spannbetonbauteilen ist das Zusammenwirken der Stahlbewehrung und des Betons. Im Bereich eines Trenn- oder Biegerisses werden die Zugkräfte allein von der Bewehrung aufgenommen und über den Verbund wieder in den Beton eingeleitet. Rissbreiten und -abstände sowie das Verformungsverhalten sind damit maßgeblich von den Verbundeigenschaften der einbetonierten Bewehrung abhängig.

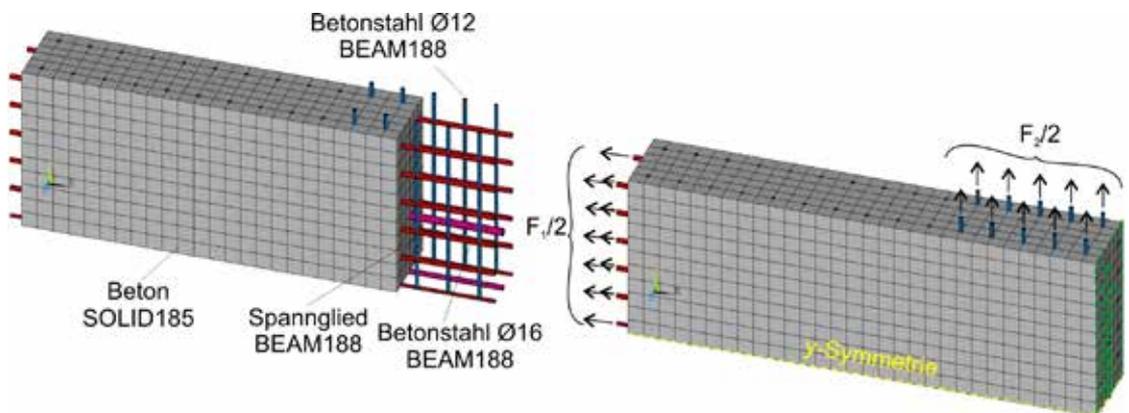
Aufbauend auf den numerischen Untersuchungen der vergangenen zwei Jahre bildete die Simulation von Stahl- und Spannbetonbauteilen unter einer zweiachsialen Zugbelastung, wie sie beispielsweise in einer Containmentwand auftreten kann, den Abschluss des Projektes. Dabei wurden die Großbauteilversuche eines bereits abgeschlossenen Vorhabens modelliert. Dort waren scheibenförmige, in Längs- und in Querrichtung mit herkömmlichem Bewehrungsstahl bewehrte Versuchskörper getestet worden. Zusätzlich waren drei Längsspannglieder im nachträglichen Verbund eingelegt. Unter Ausnutzung von Symmetrien wurde die Modellierung des Großbauteilversuchs auf ein Viertel reduziert. Der Beton wurde mit Volumenelementen und die Bewehrung mit Balkenelementen abgebildet. Das Verbundverhalten zwischen beiden wurde mithilfe eines Knoten-Knoten-Kontaktes berücksichtigt, für welchen speziell ein Verbundmodell in ANSYS implementiert wurde. Die Beschreibung

des nichtlinearen Materialverhaltens des Betons erfolgt durch die Verwendung eines elasto-plastischen Materialmodells.

Die Ergebnisse der FEM-Berechnungen bestätigen die experimentellen Resultate. Eine zweiachsiale Zugbelastung beeinflusst das Tragverhalten des Bauteils. Das Kraft-Verformungsverhalten aus der Simulation zeigt eine gute Übereinstimmung mit dem aus dem Versuch. In der Rissbildungsphase wirkten die orthogonale Netzbewehrung und die eingelegten Spannglieder als Rissufer. Die Rissbildungsphase wurde vor allem durch querzuginduzierte Risse beeinflusst. Des Weiteren führten querzuginduzierte Risse zu einer Abnahme der Dehnsteifigkeit in Längsrichtung im ungerissenen Zustand. Dagegen führte im ungerissenen Zustand eine gleichzeitige Laststeigerung von Längs- und Querzug zu einer Erhöhung.

Das implementierte Verbundmodell in ANSYS kann nun bei Simulationen von großen Strukturen angewendet werden, wodurch eine Verbesserung zur Vorhersage des Gesamtverhaltens der Struktur, aber auch der Rissbildung möglich ist.

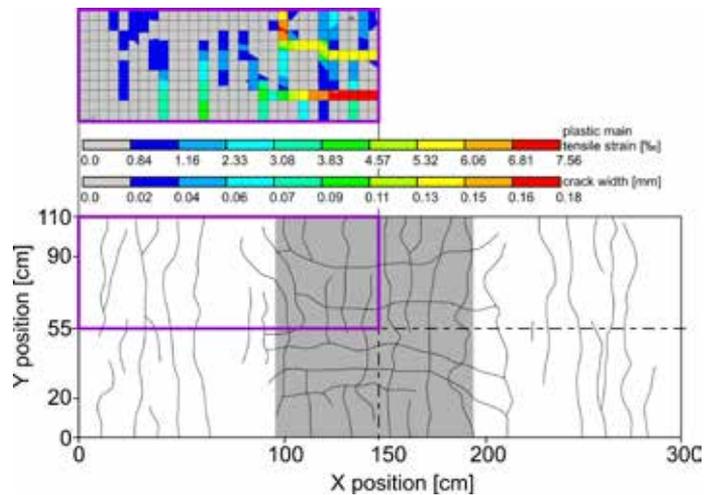
Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages unter dem Förderkennzeichen 1501428 gefördert.



Discretisierung des Großbauteilversuchs
 Discretization of a structural element test Graphic: Robert Zobel

Slabs under tension

The basic assumption for reinforced and prestressed concrete components to achieve their load bearing capacity lies at the interaction between reinforcing steel and concrete. In the area of cracks, the tensile forces are carried out by the reinforcement alone and are transmitted into the concrete via the bond among reinforcement and concrete. Crack width and distance are largely dependent on the reinforcement's bond properties. As well as the stiffness, the bond properties also influence the load bearing and deformation behaviour.



Vergleich des Rissbilds in der Simulation (oben links) mit dem beim Versuch (unten)

*Comparison of the crack patterns in the simulation (top left) with test results (below)
Graphic: Robert Zobel*

Based on the numerical investigation done in the last two years, simulations of reinforced structures under biaxial tensile stresses marked the end of the project. Experiments of an already completed project were modelled. There, large-size reinforced concrete panels were tested, which contained regular reinforcing steel in longitudinal and lateral direction. Additionally, three post-tensioned tendons were included. Considering the symmetry of the specimen, the numerical model of a large-scale test was reduced to one quarter of the plate size. Solid elements for concrete and beam elements for reinforcing steel were used. With the help of an implemented specific node-

to-node contact model, the bond behaviour was considered. The description and representation of nonlinear material behaviour and fundamental phenomena of the damage of concrete is facilitated by an elasto-plastic material model.

The simulation results match well with the experimental measurements. Biaxial tensile stresses have an influence on the load bearing behaviour of a structural element. The load-deformation behaviour of the simulations shows a good agreement with the experimental results. In the cracking phase, the orthogonal net of reinforcing steel and the post-tensioned tendons act at crack edges. The cracking phase was mainly affected by transverse tension-induced longitudinal cracks. Moreover, the longitudinal cracks led to a decrease of the flexural stiffness in the un-cracked stress states. On the other hand, a simultaneous load led to an increase.

In the future, the ANSYS implemented bond model can be used for modelling large structures. Thus, the predictability of both the behaviour of the overall structure and the development of cracks can be improved.

Titel | Title

Modellierung des Verbundverhaltens von Beton- und Spannstahl unter Querkzug | *Behaviour of concrete and posttensioning steel under transverse tension*

Förderer | Funding

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMW)

Zeitraum | Period

07.2012 – 09.2015

Leiter | Project Manager

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

Bearbeiter | Contributor

Dipl.-Ing. Robert Zobel

Textilbeton unter Druck

Textilbeton wurde in den vergangenen beiden Jahrzehnten intensiv entwickelt und erforscht. Im Fokus stand vor allem das Tragverhalten unter Zug- und Biegezugbeanspruchung. Auch gibt es bereits Bemessungsmodelle für grundlegende Belastungsarten. Bei Verstärkungen wird allerdings meist nur die in der Regel kritischere Zugkomponente betrachtet. Bei vielen Anwendungsbereichen ist jedoch auch das Verhalten unter Druckbeanspruchung von Interesse, um das Tragverhalten im Detail erklären zu können. Textilbeton zeigt hier ein charakteristisches Tragverhalten, das sich von dem des Stahlbetons deutlich unterscheidet. Die Bewehrung selbst kann weder in Garnrichtung noch quer zur Längsrichtung der Fasern einen nennenswerten Tragwiderstand aufbauen. Erste Tests in Aachen und Cottbus ergaben beispielsweise eine verminderte Drucktragfähigkeit im Vergleich zur einaxialen Feinbetonfestigkeit, systematische Untersuchungen stehen allerdings noch aus. Es soll deshalb nun grundlegend experimentell untersucht werden. Insbesondere sollen die Abhängigkeiten der Hauptparameter textile Bewehrung und Winkel zwischen Textilebenen und Richtung der Druckspannung herausgestellt werden. Als Resultat des umfangreichen Versuchsprogrammes soll

für die Haupteinflussparameter eine mathematische Formulierung bereitgestellt werden, mit welcher das Spannungs-Dehnungs-Verhalten und der Versagenszustand auf Materialebene beschrieben werden können. Des Weiteren ist die Formulierung eines Ingenieurmodells für wesentliche Einflussparameter und praktisch relevante Bemessungsfälle angedacht.

Zu Beginn des Projektes steht die Entwicklung eines geeigneten Versuchsstandes und eines geeigneten Messkonzepts im Vordergrund der Arbeiten. Die Lasteinleitung wird mit Belastungsbürsten realisiert, um die Querdehnungsbehinderung, die bei starren Platten auftritt, weitgehend zu minimieren. Des Weiteren wurden bereits geeignete Messmittel wie Dehnmessstreifen, DD1 oder Photogrammetrie untersucht und bewertet, so dass nun angepasste Messvorrichtungen für die Versuche zur Verfügung stehen. Aktuell findet die Herstellung unbewehrter Probewürfel mit Kantenlängen von 40 mm mit drei verschiedenen Verfahren für den ersten Teil der Hauptversuche statt. Zudem wurde eine Vorauswahl aus bereits verwendeten Textilien getroffen, damit das komplexe Versuchsprogramm im Januar 2016 gestartet werden kann.

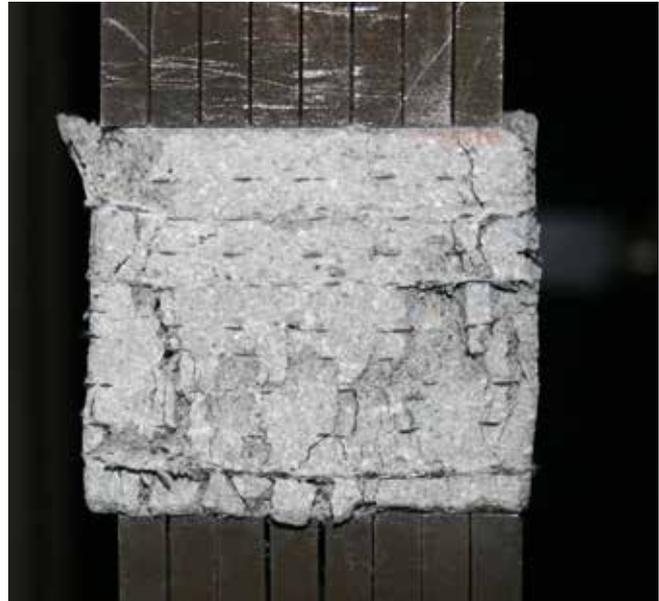


Versuchsaufbau mit angepasster DD1-Messvorrichtung
Experimental set-up with adjusted measuring instruments
Photo: Jakob Bochmann

TRC under compression

During the past two decades, the new building material textile reinforced concrete (TRC) was developed and investigated intensively. Most of the studies focused on the load bearing behaviour under uniaxial and flexural tensile stress. Furthermore, these investigations led to basic design models for this kind of material. For the strengthening of structural components made of reinforced concrete, the tensile behaviour of textile reinforced concrete is decisive, but other areas of application require an understanding of the load bearing behaviour of the material under compression load. This structural behaviour is quite different to the known properties of steel reinforced concrete, because the textile reinforced structures cannot carry any loads in their longitudinal or transverse direction. For example, a few studies from Aachen and Cottbus showed a decreased compressive load capacity of TRC in comparison to that of fine grained concrete without fabric, but extensive investigations are still outstanding.

Therefore, this research project will carry out fundamental experimental investigations to clarify this kind of material behaviour. Especially the influence of main parameters like textile reinforcement and the angle between the textile layer



Bruchbild eines textilbewehrten Probekörpers nach einaxialer Druckbelastung

Fracture pattern of a textile reinforced concrete cube under uniaxial compression Photo: Jakob Bochmann

and the load direction will be examined. This extensive test program is supposed to result in mathematical formulations for the main parameters describing the stress-strain behaviour of the new material. Moreover, the formulation of a simple design model for relevant load cases is of importance.

In the beginning of the project, the development of an experimental set-up and a measurement concept is a main concern. To minimize the friction between the load application system and the specimen, load bearing brushes will be used. Additionally, a wide range of measuring instruments, like strain gauges, linear variable differential transformers or photogrammetry, were tested, and it was possible to find an adapted measurement set-up for the test program. Recently, the production of unreinforced specimens in three different ways is being carried out to start the first phase of experiments. Besides, the selection of possible textile structures, for the second part of test program, is in progress which should start in January 2016.

Titel | Title

Experimentelle Untersuchungen des Tragverhaltens von Textilbeton unter einaxialer Druckbeanspruchung | Experimental investigation of the load bearing behaviour of textile reinforced concrete under uniaxial compression load

Förderer | Funding

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Zeitraum | Period

09.2015 – 08.2017

Leiter | Project Managers

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach,
Dr.-Ing. Frank Jesse (Hentschke Bau GmbH)

Bearbeiter | Contributor

Dipl.-Ing. Jakob Bochmann

Textilbeton unter hohen Temperaturen

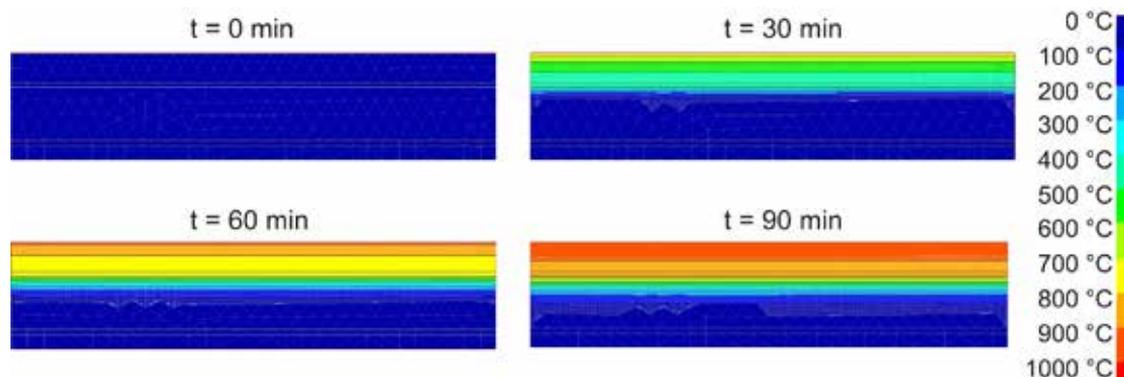
Das Einsatzgebiet von Textilbeton (TRC) wird durch zahlreiche FuE-Projekte stetig erweitert. Im Bereich des Fassadenbaus ist TRC bereits seit einiger Zeit etabliert. Dies unterstreichen zahlreiche Praxisanwendungen, wie zum Beispiel die SoccerCity in Johannesburg. Vor allem kann durch die dünnen Textilbetonplatten viel Gewicht gespart werden. Das hat positive Auswirkungen auf Transport, Montage und die Dimensionierung der primären Tragstruktur. Die bisher unzureichende Kenntnis über das Verhalten von Textilbeton-Fassadenkonstruktionen im Brandfall schränkte den Einsatzbereich von Textilbetonfassaden jedoch ein. Im Projekt konnten nun weitere Erkenntnisse zum Tragverhalten von Textilbeton unter hohen Temperaturen gewonnen werden.

Zunächst erfolgte eine Optimierung der Ausgangsmaterialien. Die Projektpartner am Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik (ITM) entwickelten eine hochtemperaturbeständige Beschichtung für die textile Bewehrung. Damit ist die Kraftübertragung zwischen Bewehrung und Beton auch unter hohen Temperaturen gewährleistet. Zur Verbesserung der Brandbeständigkeit des Betons wurden Polypropylen-Fasern zugegeben. Diese schmelzen ab Temperaturen von ca. 120 °C. Durch die dadurch entstehenden Hohlräume im Beton kann sich der Wasserdampf, der durch Verdunsten des in der Matrix gebundenen Wassers entsteht, ausdehnen, ohne dass dabei ein hoher

Innendruck entsteht, der zu Betonabplatzungen führen könnte.

Anschließend erfolgten mit den optimierten Materialien Untersuchungen am Verbundwerkstoff in einaxialen Zugversuchen und Auszugversuchen bei unterschiedlichen Temperaturen. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen bestätigen eine erhebliche Verbesserung des Tragverhaltens des Verbundwerkstoffes durch die vorgenommenen Optimierungen. So konnte in den Auszugversuchen bei einer Temperatur von 200 °C zum Beispiel ein fünfmal besserer Verbundkennwert ermittelt werden.

Weiterhin erfolgte eine Temperaturfeldanalyse eines im Rahmen des Projektes entwickelten Fassadenaufbaus. Der modellierte Aufbau entspricht dabei einer dreischichtigen Sandwichkonstruktion aus einer 3 cm starken TRC-Platte, einem 6 cm starken Vakuumisulationspaneel und einer weiteren, 1,5 cm starken TRC-Platte. In abschließenden Großbrandversuchen konnten realitätsnahe Temperaturmessungen vorgenommen werden. Der Vergleich mit der Modellierung ergab eine gute Übereinstimmung zwischen Simulationen und Großbrandversuch.

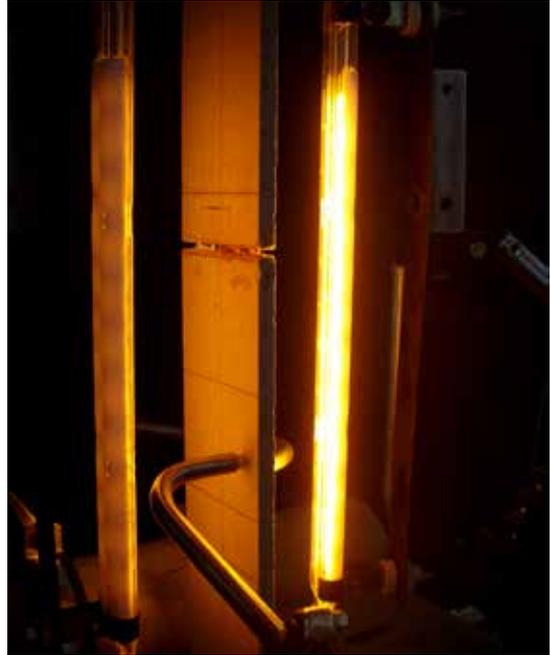


Temperaturfeldanalyse des Fassadenaufbaus beim Lastfall Brand
Analysis of temperature development in the façade construction during fire loading
 Graphic: Tobias Walther

TRC under high temperature exposure

The field of application of textile reinforced concrete (TRC) is constantly expanding by several research and development projects. Textile reinforced concrete façades are already established. Practical applications underline this fact, for example the Soccer City in Johannesburg. Weight reduction is one main benefit of thin TRC plates. Convenient features, for example simple transportation, easy installation and light dimensioning of the primary bearing structure, are only some of the advantages. The limited knowledge about the material behaviour of TRC, when subjected to high temperatures, such as fires, restricts the practical use of TRC façades. As a result of this project, new insights about the behaviour of TRC under high temperatures could be found.

First, an optimization of the basic materials was done. Our partners at the Institute of Textile Machinery and High Performance Material Technology (ITM) developed a high temperature resistant coating for textile reinforcement. Thereby, the new coating guarantees the force transmission between reinforcement and concrete under high temperatures. To improve the fire resistance of the concrete, polypropylene (PP) fibres were added to the mixture. The PP fibres melt at temperatures about 120 °C. The result is additional pore volume within the matrix. Now, the water vapour that results from the evaporation of water trapped within the matrix can expand without



Pull-Out-Versuch an TRC-Probe unter Temperaturbelastung

Pull-out test on a TRC specimen under temperature loading Photo: Daniel Ehlig

causing a high internal pressure, which could lead to concrete spalling.

Further investigations of the fine-tuned materials followed in the form of uniaxial tensile and bonding tests under different temperatures. The results show a substantial improvement of the load bearing behaviour of the modified TRC. For example, in pull-out tests at 200 °C, a five time higher characteristic bond value was detected with the optimized materials, as with normal materials.

Furthermore, an analysis of the temperature fields from the façade panel followed, which was developed within the project. The modelled construction correspond to a three layer sandwich construction, consisting of a 3 cm thick TRC plate, a 6 cm thick vacuum insulation panel and a second 1,5 cm thick TRC plate. Finally, large scale fire tests, with temperature measurements, were done under realistic conditions. A good correlation between simulation and large scale fire test was reached.

Titel | Title

Raumabschließende Bauelemente aus Textilbeton unter Temperaturbeanspruchung | Space-enclosing components of textile reinforced concrete under high temperature stress

Förderer | Funding

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi); Projektträger: AiF

Zeitraum | Period

10.2012 – 08.2015

Leiter | Project Manager

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

Bearbeiter | Contributors

Dipl.-Ing. Tobias Walther, Dr.-Ing. Enrico Lorenz

Projektpartner | Project Partners

Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik (ITM), TU Dresden | Architektur-Institut, HTWK Leipzig

Schlaufenverankerung für Carbongelege

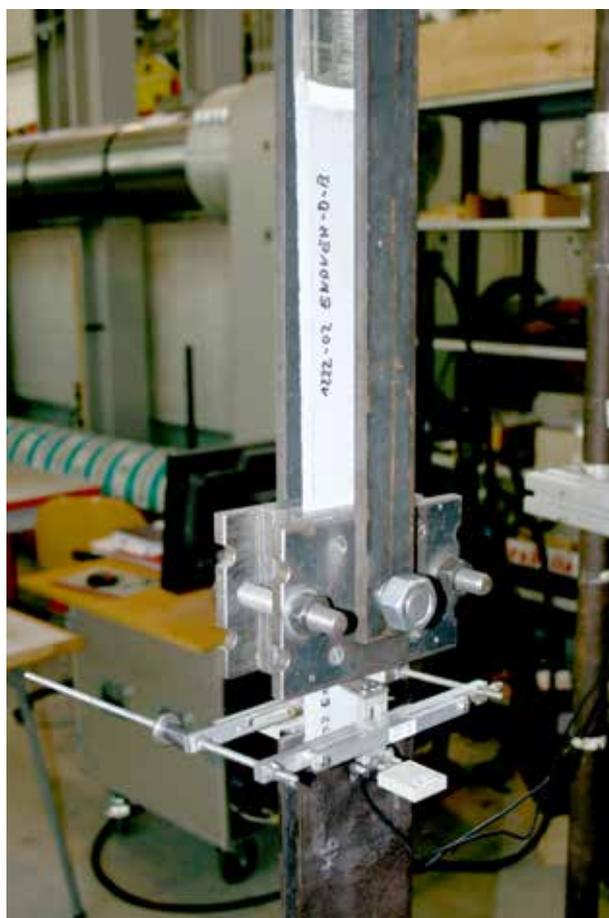
Textile Strukturen in Form von gitterförmigen Multiaxialgelegen sind sehr leistungsfähige und effiziente Bewehrungen für Betonkonstruktionen. Heute werden vorzugsweise Bewehrungsgitter aus Carbonfilamentgarnen eingesetzt, die extrem hohe Festigkeiten aufweisen – etwa das Vierfache gegenüber konventionellem Betonstahl – und dabei nur etwa ein Viertel so schwer sind.

Eine Schlüsselrolle für hoch effektive Textilbewehrungen kommt Rovings mit hohen Feinheiten, den sogenannten Carbon Fiber Heavy Tows (CFHT), zu, die aus 50.000 Einzelfilamenten

bestehen und eine Garnfeinheit von 3.300 tex aufweisen. Derzeit gibt es jedoch noch Einschränkungen bei der Verwendung von CFHT hinsichtlich der relativ geringen übertragbaren Verbundkräfte und den daraus resultierenden sehr großen erforderlichen Endverankerungs- und Übergreifungslängen, über welche die Kräfte zwischen Beton und textiler Bewehrung übertragen werden. Das primäre Ziel dieses Projektes ist es deshalb, diese derzeit deutlich zu hohen Verankerungslängen durch neuartige Technologien signifikant zu verkürzen, wobei eine Größenordnung von weniger als 20 cm zur sicheren Übertragung der Verbundkräfte angestrebt wird.

In einer neuen Generation von Textilbetonbewehrungen sollen die Verankerungs- und Übergreifungsbereiche der textilen Warenbahnen bereits im textilen Herstellungsprozess so ausgebildet werden, dass die benötigten Verankerungselemente durch eine modifizierte Garnanordnung am Gelegerand direkt in dieses integriert sein werden. Eine vielversprechende Lösung sind hier Verankerungsschlaufen in Schussrichtung (Querrichtung eines Textils), die eine auf Formschluss beruhende Kraftübertragung durch mechanische Verankerung der zugbeanspruchten Garne ermöglichen.

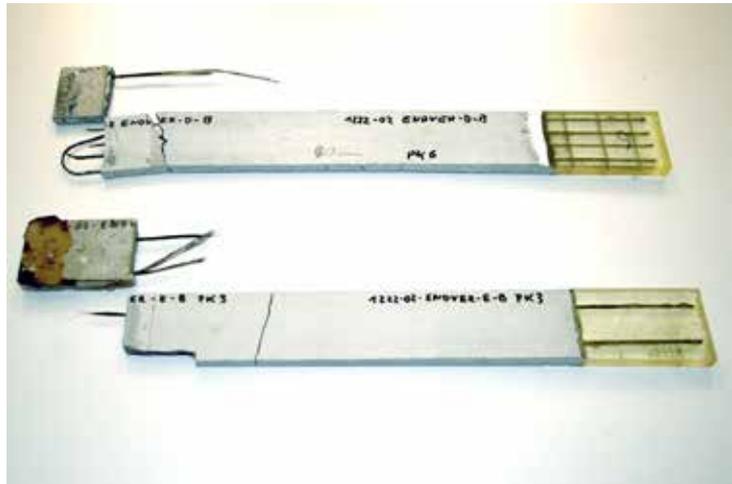
Im Rahmen des Projektes wurden im ersten Schritt Carbonschlaufen mit einem Ausrundungsdurchmesser von 30 mm in die Betonprobekörper eingebaut und in Endverankerungsversuchen getestet. Die zur Verankerung der Zugkraft erforderliche Länge hat sich mit Hilfe der Schlaufen auf 50 mm reduzieren lassen. In der nächsten Projektphase wird die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf die Übergreifungsbereiche geprüft. Danach wird die Lösung an großformatigen Textilbetonprobekörpern unter Kurz- und Dauerbelastung sowie unter thermischen Beanspruchungen weiter getestet.



Versuchsaufbau zum Test der Verankerungslänge
Experimental setup for testing the anchoring length
 Photo: Mateusz Ewertowski

Loop-anchorage for textile reinforcements

Multi-axial textile grids are high-performance and very efficient reinforcements for concrete structures. Nowadays, textile reinforcements made of carbon fibers are characterized by extremely high tensile strength – around four times higher than the strength of common steel reinforcement – and by their low weight which amounts to only a quarter of the weight of steel. A very high effectiveness of textile reinforcements can be achieved by using carbon fiber heavy tows (CFHT). CFHT consist of 50,000 filaments and have a fineness of 3,300 tex (1 tex means 1 g per 1,000 m). However, there are some constraints, which limit the application of CFHT reinforcements. CFHT can carry high tensile forces, but only relatively small forces can be carried within the bonding zone. Due to this, the required anchorage and overlapping lengths are relatively large. Therefore, the main goal of this project is to minimize these



Probekörper nach dem Endverankerungsversuch

Specimen after an anchorage length test

Photo: Mateusz Ewertowski

Titel | Title

Materialeffiziente und praxisgerechte Gestaltung von Verankerungen und Übergreifungen von Textilbetonbewehrungen aus Rovings hoher Feinheiten | *Material-efficient and practice-orientated design of anchorage and overlapping areas for carbon fibre heavy tows (CFHT) textile reinforcements*

Förderer | Funding

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi); Projektträger: AiF

Zeitraum | Period

01.2015 – 06.2017

Leiter | Project Manager

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

Bearbeiter | Contributor

M.Sc. Mateusz Ewertowski

Projektpartner | Project Partner

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

anchorage lengths to less than 20 cm by implementing new technologies.

In the modified textile production process, new anchorage elements should be mechanically integrated into the edges of a new generation of textile fabrics. By a specific alignment of the yarns, it is possible to form anchorage loops in the weft direction of a textile grid. This solution allows the reinforcement to transfer tensile forces along the round closure area of the loops in a very efficient way.

As a first step, carbon yarns with 30 mm diameter loops were cast in concrete specimens and checked in anchorage length tests. The trials showed that the required anchorage length could be reduced to 50 mm. In the next project phase, overlapping length tests will follow as an attempt to confirm the results of the previous experiments. Later, it is planned to test big-scale specimens under short-term and long-term loading. Another important part of the project is the investigation of the thermal loading behavior of the new anchorage elements.

Verbindungsmittel für filigrane Textilbetonelemente

Der bisherige Einsatz von Textilbeton in der Baupraxis zeigt, dass neben der Verstärkung insbesondere filigrane Neubauteile aus Textilbeton eine wirtschaftliche Alternative zu konventionellen Bauweisen darstellen können. Die zunehmend beantragten und erteilten bauaufsichtlichen Zulassungen für Fertigteile aus Textilbeton, z. B. für Fassadenplatten, Sandwichkonstruktionen und Fertigteilaragen, unterstreichen das Potenzial des Verbundwerkstoffs für den Neubau. Insbesondere die definierten Herstellungsbedingungen in Fertigteilwerken ergänzen die gute Formbarkeit der textilen Bewehrung, sodass schlanke, maßgenaue und leicht zu transportierende Bauteile in vielfältigen Formen und Größen hergestellt werden können.

Zur Verbindung von Textilbetonfertigteilen mit anderen Bauteilen zu einem Bauwerk sowie zum Ausschalen und Transport bedarf es verschiedener Einbauteile, die die auftretenden Kräfte nachweisbar und dauerhaft übertragen. Die bisherige Verwendung von Sonderanfertigungen oder geregelten Produkten, welche für den speziellen Einsatzfall abgestimmt wurden, stehen einer wirtschaftlichen und effizienten Herstellung von Textilbetonelementen jedoch entgegen. Daher wurden innerhalb des Projektes Konstruktions- und Bemessungsempfehlungen für Einbauteile entwickelt, welche sich

für typische Textilbetonfertigteile und für gängige Fertigungstechnologien eignen. Hierfür wurden am Markt vorhandene Einbauteile hinsichtlich ihrer Eignung für dünne Textilbetonfertigteile ausgewählt, angepasst und untersucht.

Neben der Beanspruchbarkeit gegenüber mechanischen und thermischen Einwirkungen stand auch die Fertigungstechnologie im Fokus des Forschungsprojektes. Um typische Randbedingungen für die Untersuchungen der Einbauteile abzubilden, wurden ein im Bauwesen übliches Heavy-Tow-Carbongelege und eine fließfähige Feinbetonmischung ausgewählt. Bei der Herstellung der Probekörper konnten dadurch die fertigungstechnischen Besonderheiten des wirtschaftlichen Gießverfahrens im Zusammenhang mit dem passgenauen Einbau der Verbindungselemente untersucht werden.

Die Tragfähigkeiten wurden im Hinblick auf unterschiedliche Beanspruchungsrichtungen, Einbinde-tiefen und Betonfestigkeiten von verschiedenen Einbauteilen ermittelt, welche z. B. in der Fläche oder stirnseitig in Fertigteile eingebaut werden können. Im Ergebnis konnten unter der Vorgabe von konstruktiven Randbedingungen Bemessungsgleichungen und -widerstände der Verbindungsmittel angegeben werden.



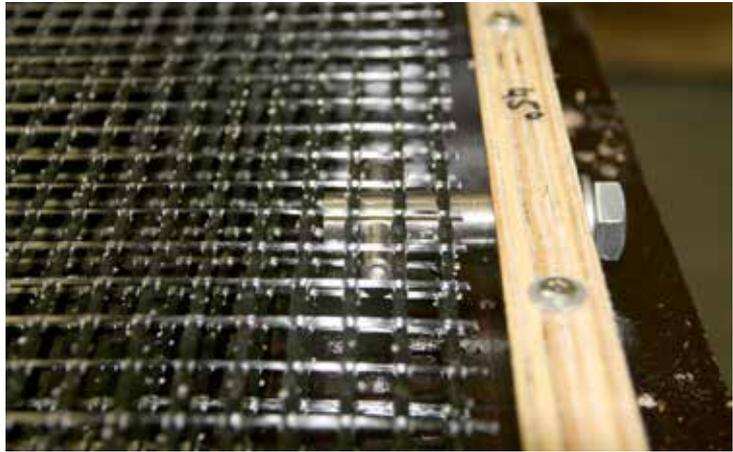
Auszugversuch eines
Flachankers mit 16 mm
Betonüberdeckung

*Pull-out test of a flat anchor with
a concrete cover of 16 mm
Photo: Tom Sauerborn*

Mounting parts for thin TRC elements

The usage of textile reinforced concrete (TRC) in building practice shows, that besides the strengthening of existing structures, thin prefabricated elements of TRC can be an economical alternative to conventional building practice. An increasing number of applied and proposed building approvals, e.g. for façade elements, sandwich constructions and small garages, indicate the high potential of the composite material for new structures. Due to the facility of the material to adapt to various shapes, it is possible to build thin pre-cast, accurately sized and easily transportable elements in different shapes.

The connection of a textile reinforced concrete element to a building, as well as the handling of the element during stripping and delivery, requires diverse mounting parts, which in turn shall transfer the occurring forces in a safe and permanent manner. Using existing products that are designed for the purpose of connecting items



Textilbewehrung mit stirnseitig fixierter Gewindehülse für die Betonage im Gießverfahren

Textile reinforcement with threaded sleeve on the face side prepared for concreting Photo: Tom Sauerborn

impede the economical usage of TRC for prefabricated elements since they have to be adapted to each single project. For that reason, actual existing mounting parts have been analysed, selected and adapted to the newly developed design and construction recommendations, which are suitable for typical TRC elements and manufacturing technologies.

Titel | Title

Bemessungs- und Konstruktionsempfehlungen für statisch wirksame Einbauteile in Textilbetonfertigteilen | *Dimensioning and construction recommendation for statically effective mounting parts in textile reinforced prefabricated concrete elements*

Förderer | Funding

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi); Projektträger: AiF Projekt GmbH

Zeitraum | Period

05.2014 – 10.2015

Leiter | Project Manager

Dr.-Ing. Frank Schladitz

Bearbeiter | Contributor

Dipl.-Ing. Tom Sauerborn

Projektpartner | Project Partners

AiB GmbH, Bautzen | TUDAG – Deutsches Zentrum Textilbeton, Dresden | Bauplanung Illner BPI, Ebersbach-Neugersdorf

Besides the capacity to withstand mechanical and thermal stresses, manufacturing technologies have been studied within the project. A heavy-tow carbon textile and a workable concrete were chosen to meet typical requirements of TRC usage. Using these materials in the production of a test specimen, the cost effectiveness of this pre-cast concrete technology in connection with the accurate placement of the connection elements was studied in detail.

The load bearing behaviour was tested under different directions of stress, concrete strengths and concrete coverings for diverse mounting elements, which could be placed either on the face side or throughout the surface of prefabricated elements. As a result it was possible to develop design recommendations in connection with construction requirements.

Vorspannen mit Carbonfäden

In etlichen Projekten konnte bereits die gute Eignung von Carbonfäden zur Bewehrung biegebeanspruchter Bauteile gezeigt werden. Im Allgemeinen wird eine gute Risseverteilung erreicht und die Traglasten sind beachtlich. Durch die Carbonbewehrung sind extrem dünne Bauteile und somit leichte Konstruktionen möglich, jedoch leiden darunter Steifigkeit und Gebrauchstauglichkeit, da extreme Durchbiegungen auftreten können. Im Versuch scheint dies beeindruckend, in der Praxis sind solche Bauteile aber unbrauchbar.

Bedingt werden die großen Verformungen sehr dünner Bauteile durch das geringe Trägheitsmoment und das stahlbetontypische Verhalten des Textilbetons mit einem Steifigkeitsabfall im gerissenen Zustand, in dem die Bewehrung erst aktiviert wird. Durch ein Vorspannen der Bewehrung kann diese Aktivierung bei geringeren relativen Dehnungen erfolgen. Gleichzeitig bleibt das Betonbauteil selbst länger ungerissen, was für das Gebrauchslastniveau bei sehr dünnen Bauteilen angestrebt werden soll. Baupraktisch sollte die Risslast > 50 % der Bruchlast sein, um im GZG ungerissen und damit „steif“ zu sein.

Dies kann durch eine Vorspannung der Carbonbewehrung erreicht werden.

Problematisch ist, dass Carbonbewehrungen extrem querdruckempfindlich sind und deshalb schlecht geklemmt werden können. Im Experiment werden daher Umlenkrollen als Lasteinleitungskonstruktionen verwendet. Damit kann die Kraft im Roving über Reibung verankert werden. Dieses Prinzip funktioniert sowohl mit einzelnen Rovings als auch mit flächigen Textilien und wird bei einer Spannbettvorspannung für 30 mm starke Textilbetonbretter erprobt. Bei Verwendung von Fäden mit verbessertem Verbund und ca. 30 % Fadenvorspannung wurde bei Vorspannung mit sofortigem Verbund kein erkennbarer Spannkraftabfall in einem Zeitraum von 60 Tagen festgestellt. Im Biegeversuch weisen die Versuchskörper ein extrem enges und fein verteiltes Rissbild auf und reagieren deutlich steifer als Vergleichskörper.

Die größten Spannkraftverluste traten beim Betonieren auf, da der nass werdende Faden einer größeren Relaxation unterliegt. Betrachtet man

den Aufbau als Multifilamentbündel mit ca. 50.000 Einzelfilamenten, so ist dies nicht weiter erstaunlich. Verbesserungen könnten entsprechende Schutzhüllen oder dergleichen bringen.

Insgesamt erscheint diese Methode recht vielversprechend und auch für die Anwendung bei noch größeren Fadenquerschnitten mit 100 oder 200 k (200.000 Filamente) geeignet.



Mäßige Durchbiegung beim Biegeversuch an einem vorgespannten Balkenbrett

Moderate deflection during a bending test with a prestressed beam Photo: Harald Michler

Prestressing with carbon rovings

In several projects, the suitability of carbon textiles as reinforcement could be shown. With the carbon reinforcement, extremely thin components and therefore light constructions are feasible, but due to the nature of thin elements a deficit of stiffness needs to be taken into account; extreme deflections can occur. In experimental tests, this seems to be impressive; in practice, such components are useless.



Einbau einzelner Carbonrovings

Installation of individual carbon rovings Photo: Harald Michler

The main reason for such large deformations is the low moment of inertia of thin structural members. Another cause is the cracking behaviour that is similar to that of steel reinforced concrete. Typically, the reinforcement is only activated if a crack has developed. By prestressing of the rovings, the carbon reinforcement will work at a more economic strain level. At the same time, the concrete component remains un-cracked even longer. This also will result in lower deflections. Commonly, the crack load should be $> 50\%$ of the ultimate load. Thus, the component will remain uncracked and therefore stiff during service. Hence, the preloading of the carbon reinforcement has an extremely beneficial effect to a concrete member.

On the other hand, carbon reinforcement is extremely sensitive to lateral pressure, and there-

fore not suitable to clamp. In the experiment, round bolts ($\varnothing > 50\text{ mm}$) are used to introduce the load. By turning single rovings around the bolts, they can be anchored by friction. This principle works both with single rovings as well as with carbon textiles, and it was used in a stressing bed for 30 mm thick concrete plates. When using modified textiles prestressed with 30 % of the ultimate load, no significant loss of prestressing force is found in a period of 60 days.

The bending tests have shown very good results. There is an extremely narrow and finely distributed crack pattern. The deflections are very low in comparison to those of a non-prestressed specimen. The largest loss of prestressing force occurred during casting of concrete. The water in the fresh concrete makes the roving weak, leading to relaxation of the prestressing. That isn't a surprise if one considers the roving as a multi-filament bundle with about 50,000 individual filaments. Improvements can be made by a second coating of the rovings.

Overall, this method seems to have a great potential. Also the use of bigger rovings, with cross-sections of 100 or even 200 K (200,000 filaments), is feasible.

Titel | Title

Vorspannen mit Carbonfäden | *Prestressing with carbon rovings*

Förderer | Funding

Institut für Massivbau, TU Dresden

Zeitraum | Period

01.2015 – 12.2015

Leiter | Project Manager

Dr.-Ing. Harald Michler

Bearbeiter | Contributor

Dr.-Ing. Harald Michler

Neue Anforderungen an Bewehrungen aus Carbon

In der bisherigen Forschung und Anwendung wurden zumeist Rovings mit Dicken zwischen 1 mm und 3 mm zu Gelegen verarbeitet. Die verwendeten Rovings enthalten zwischen 12.000 bis 50.000 Filamente. Bei sehr hohen Beanspruchungen kann aber die Vergrößerung des Bewehrungsquerschnittes – ähnlich wie im Stahlbetonbau – notwendig werden. Die Untersuchung von Carbonbewehrungen mit erhöhter Rovinganzahl bis hin zu Stäben ist Thema des 2015 begonnenen Basisvorhabens B1 „Beschichtungen und Bewehrungsstrukturen für den Carbonbetonbau“ innerhalb des Verbundforschungsvorhabens C³.

Die Anpassung des Bewehrungsquerschnittes erfolgt bei technischen Textilien für den Betonbau auf zwei Arten: über die Erhöhung oder Verminderung der Anzahl der Filamente je Roving und durch Variation der Abstände der Rovings untereinander in Kett- als auch in Schussrichtung. Innerhalb des Projektes B1 sollen Carbonrovings gestuft mit bis zu acht Mal 50.000 Filamenten hergestellt werden. Die mechanischen Eigenschaften dieser Materialien und ihre Eignung für den Carbonbetonbau werden dann innerhalb des Vorhabens auf den Prüfstand gestellt. Einerseits

führt die bloße Vergrößerung des Rovingquerschnitts die heutige Textilmaschinentechnik an ihre Grenzen. Je nach Herstellprozess entstehen geometrisch unterschiedliche Rovings. Der Rovingquerschnitt variiert von kreisrund über oval bis hin zu sehr flach oder elliptisch, was sich beispielsweise auf die mechanischen Kennwerte und die Verarbeitung auswirkt. Andererseits müssen gegebenenfalls auch neue Beschichtungen entwickelt und appliziert werden. Weiterhin ist es notwendig, die einzelnen Materialkennwerte des Vielstoffsystems Carbonbeton mit erhöhtem Bewehrungsgehalt genau zu betrachten.

Da innerhalb von C³ ein Fokus auf neu zu entwickelnden Konstruktionsformen liegt, werden zunächst spezifische Anforderungen an das Bewehrungsmaterial definiert. Hierzu zählen u. a. die Geometrie von Gelegen mit Variation von Rovingform, Achsabstand und Ausrichtung der Rovings untereinander, die minimal erforderliche Betondeckung und benötigte Verankerungslängen.

Anschließend muss die Frage beantwortet werden, ob die neuen Strukturen den Praxisanforderungen genügen und inwieweit die Gebrauchstauglichkeit eines Carbonbetonbauteils innerhalb der Lebensdauer gewährleistet ist. Forschungsschwerpunkte sind hier das Verbundverhalten, das Dauerstandverhalten und das Verhalten bei wechselnden Temperaturen.



Rissabstände werden durch Rovingdurchmesser und -abstand beeinflusst
Roving diameter and spacing influences crack spacing
 Photo: Frank Neumann

New requirements for carbon reinforcements

In common research and application projects, rovings with a diameter between 1 and 3 mm are used. Those rovings usually consist of between 12,000 and 50,000 filaments. In case of high stress values, roving cross-sections have to be increased, as it is commonly done with regular steel rebars in reinforced concrete. As one part of the joint research project C³, the project B1 "Coatings and reinforcement structures for carbon concrete constructions" started in 2015. The scope of the basic project B1 is the production and analysis of rovings and rods containing more than 50,000 filaments. The cross-section of carbon fibre reinforcements may be adjusted in two ways: by increasing or decreasing the number of filaments or by changing the roving centre distances in either one or both grid directions. Within B1, rovings consisting of up to 8 times 50,000 filaments will be produced. Their material properties and their applicability as a rein-



Übliche Carbonbewehrung (oben liegend) und prototypische Carbonbewehrung mit größerem Querschnitt (darunter)
Usual carbon reinforcement (lying above) and prototype of a carbon reinforcement with enlarged diameter (under this fabric)
Photo: Frank Neumann

Titel | Title

Basisvorhaben B1: Beschichtungen und Bewehrungsstrukturen für den Carbonbetonbau | *Basic project B1: Coatings and reinforcements for carbon concrete construction*

Förderer | Funding

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF); Projektträger: PT Jülich / C³ – Carbon Concrete Composite

Zeitraum | Period

05.2015 – 10.2016

Leiter | Project Manager (TP IMB)

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

Bearbeiter | Contributor

Dipl.-Ing. (FH) Frank Neumann

Projektpartner | Project Partners

15 Partner, darunter 5 Forschungseinrichtungen und 10 Unternehmen

forcement in concrete will then be tested. Nowadays, machines for textile reinforcement production cannot, or only with significant restrictions, deal with a quantity of filaments greater than two times 50,000. This is why main machine parts have to be adjusted. Depending on production and coating technology, cross-section's shape may vary between flat, round, oval and elliptic. The shape especially influences the mechanical properties of carbon concrete as a multicomponent system. In addition to that, one or more new coatings will be developed. As carbon concrete is a multicomponent system, it is necessary to examine every single material property.

The focus within C³ is the development of new construction forms. One task within B1 is to define specific requirements e.g. of shape, centre distance, roving direction, minimum concrete cover and anchorage length. From there, questions about serviceability and durability throughout the lifecycle of carbon concrete constructions have to be answered. Main indications thereof can be found by researching bond, creep and temperature behaviour.

Gut geprüft ist halb nachgewiesen

In den vergangenen Jahren ist durch das zunehmende Interesse am Einsatz von Carbonbeton in der Baupraxis ein großer Bedarf an Zulassungen, Normen und Richtlinien entstanden. Für Normen und Zulassungen – und damit für eine erfolgreiche Anwendung und Verbreitung von Carbonbeton – braucht man neben Berechnungsmodellen und Sicherheitskonzepten vor allem die Materialkennwerte des Verbundwerkstoffs. Doch was sind eigentlich die essentiellen Kennwerte und wie bestimmt man diese? Da sich zurzeit unterschiedlichste Forschungsstandorte inner- und außerhalb Deutschlands mit Carbonbeton

beschäftigen, finden sich auf diese Frage die verschiedensten Antworten. Verbindliche Empfehlungen gibt es noch nicht. Einigkeit besteht zumeist darin, dass die wesentlichen Charakteristika das Zugtragverhalten und das Verbundverhalten sind. Hinsichtlich der anzuwendenden Prüfmethode hingegen gibt es unterschiedliche Ansätze. Diese Diversität der verfügbaren Prüfmethode erschwert die Ermittlung vergleichbarer und reproduzierbarer Kennwerte und damit die Beurteilung der ermittelten Kennwerte für die Nachweise, die zur Erlangung von Zulassungen gegenüber den zuständigen Behörden erbracht

werden müssen. Um also verlässliche Werte zur Verfügung stellen zu können und so die erforderlichen Prozesse zu vereinfachen, bedarf es einheitlicher – standardisierter – Prüfmethode. Die Festlegung standardisierter Prüfmethode ist damit ein wichtiger Schritt in Richtung Vereinfachung, Optimierung und Qualitätssicherung für das Bauen mit Carbonbeton.

Was also muss so ein Standardversuch – egal ob für Verbundverhalten, Zugtragverhalten oder andere Materialeigenschaften – eigentlich können? Und wie müssen die entsprechenden standardisierten Prüfverfahren dann aussehen? Die ersten wichtigen Schritte zur Beantwortung dieser und weiterer Fragen werden zurzeit im Basisvorhaben B3 des Projekts C³ – Carbon Concrete Composite unternommen. Hier werden in Ringversuchen bei den Partnern TU Dresden, RWTH Aachen und MFPA Leipzig GmbH Prüfverfahren für das Zugtrag- und Verbundverhalten verglichen und daraufhin standardisierte Prüfmethode für die zukünftige Verwendung zur Materialcharakterisierung von Carbonbeton festgelegt. Mit der Erarbeitung von Nachweis- und Prüfkonzepten für Normen und Zulassungen werden die Arbeiten dann im C³-Vorhaben V1.2 fortgeführt.



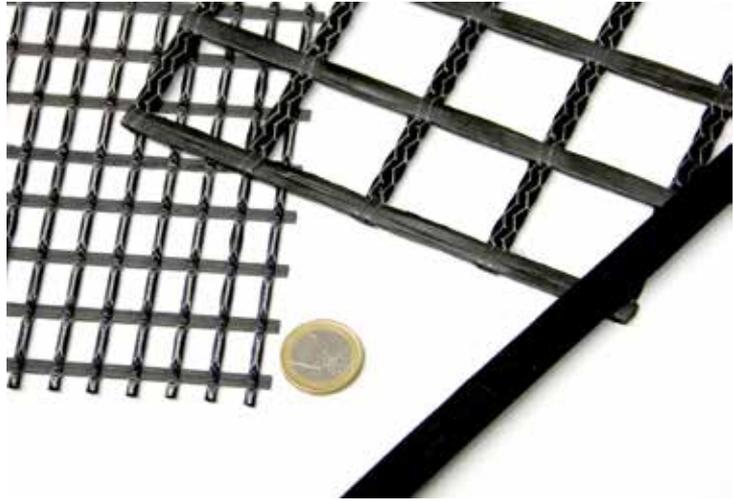
Sieht so der zukünftige Standardzugversuch aus?

Is this the future standard tensile test?

Photo: Karoline Holz

Well tested is half approved

The increasing interest in the practical application of carbon concrete over the past years caused a growing demand for approvals, standards and guidelines. However, for standards and approvals – and thus for the successful application and distribution of carbon concrete – not only calculation models and safety concepts are required, but also all the material characteristics of the composite must be known. But, what are the essential characteristics? And how can we determine them? As various research centres throughout Germany, as well as abroad, are currently studying carbon concrete, diverse answers to this question can be found and there are no binding recommendations as of yet. There is a general consent that tensile load bearing behaviour and bond behaviour are the key characteristics. As to the applicable test methods, on the other hand, there are several approaches. The resulting diversity of available test methods makes it hard to identify comparable and reproducible characteristics.



Verschiedenste Bewehrungsstrukturen sind zu prüfen

A variety of reinforcements have to be tested

Photo: Elisabeth Schütze

Titel | Title

Basisvorhaben B3: Konstruktionsgrundsätze, Sicherheits- und Bemessungskonzepte sowie standardisierte Prüfmethode für Carbonbeton | *Basic project B3: Construction principles, safety and design concepts as well as standardised test methods for carbon reinforced concrete*

Förderer | Funding

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF); Projektträger: PT Jülich / C³ – Carbon Concrete Composite

Zeitraum | Period

01.2015 – 06.2016

Leiter | Project Manager

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

Bearbeiter | Contributors

Dipl.-Ing. Elisabeth Schütze, Dipl.-Ing. Karoline Holz

Projektpartner | Project Partners

13 Partner, darunter 6 Forschungseinrichtungen und 7 Unternehmen

Thus, establishing the determined characteristics as a base for obtaining any type of approval is complicated. In order to provide reliable values, and thereby to simplify the necessary processes, uniform – standardized – test methods are required. Hence, defining standard test methods is an important step towards simplification, optimization and quality assurance for carbon concrete construction.

So what are the requirements for such a standard test – shall the requirements be for bond behaviour, for tensile behaviour or for other material characteristics? And how will the appropriate standard test procedure look like? At present, we are taking the first important steps to answer these and other questions in the basic project B3 within the project C³ – Carbon Concrete Composite. Here, test procedures for bond and tensile behaviour are compared in round robin tests between partners of TU Dresden, RWTH Aachen und MFPA Leipzig GmbH. Subsequently, standard test methods for the material characterization of carbon concrete are defined. These activities will then be continued in the C³ project V1.2 by developing verification and test concepts for standards and approvals.

NTRC-Deckenelemente

Ziel des Forschungsprojekts "Produkt- und Verfahrensentwicklung von leichten Deckenelementen aus textilbewehrtem Beton für das Bauen im Bestand" ist es, Bauteile zu entwickeln, welche händisch – also ohne Hebezeuge – in ein bestehendes Gebäude transportiert und dort installiert werden können. Eine der Grundvoraussetzungen dafür ist ein möglichst geringes Gewicht der Elemente. Das kann durch eine optimale Form und Geometrie in Kombination mit einem entsprechend tragfähigen Material realisiert werden.

Die 3 m langen und 60 cm breiten Bauteile setzen sich aus einer Tonnenschale und zwei flankierenden Stegen zusammen.

Die Entwicklung dieser Deckenelemente geht mit der Entwicklung einer neuartigen Materialkomposition einher. Diese ist notwendig, da die Herstellung gekrümmter Textilbetonelemente mit den momentan verwendeten Verfahren (Laminier-, Spritz- und Gießverfahren) relativ aufwändig ist. Durch eine Weiterentwicklung des textilbewehrten Betons sind für die Deckenelemente hinsichtlich der äußeren Formgebung und der inneren Lagesicherheit des verwendeten textilen Geleges durch den Projektpartner BCS herstellungstechnische Verbesserungen erzielt worden. Dafür sind

Schichten aus betongetränkten Vliesstoffen – vom Hersteller FCC (Fleece Concrete Composite) genannt – dem bekannten TRC (textile reinforced concrete) hinzugefügt worden. Das Ergebnis ist NTRC – nonwoven / textile reinforced concrete. Die äußeren vliesbewehrten Schichten eignen sich zudem als Ersatz für die sonst erforderlichen punktförmigen Abstandhalter, die manuell am Textil anzubringen sind.

Erste 1 cm dicke Deckenelemente aus NTRC wurden bereits hergestellt und deren Tragverhalten in Sechs-Punkt-Biegeversuchen untersucht. Sowohl die Kraft-Durchbiegungs-Kurven aus den Traglastversuchen als auch die Spannungs-Dehnungs-Kurven aus Zugversuchen an NTRC-Zugprüfkörpern zeichnen sich durch eine sehr geringe Streuung aus, was eine hohe Gleichförmigkeit in der Produktion und eine hohe Lagesicherheit des textilen Geleges belegt.

Parallel zu den experimentellen Untersuchungen werden rechnerische Analysen mittels FE-Modellen durchgeführt. Die Simulationsmodelle werden zunächst anhand der ermittelten Materialparameter aus den Zugversuchen kalibriert und anschließend mit den Ergebnissen aus den großformatigen Tests validiert.



NTRC-Kompositwerkstoff

NTRC composite Photo: Tilo Senckpiel

NTRC ceiling elements

The aim of the research project “Product and process development of lightweight ceiling elements made of textile reinforced concrete for existing structures” is to develop components which can be transported and installed manually – i.e. without hoists – in an existing building. A basic requirement is to produce elements with the lowest possible weight. This can be accomplished by finding an optimal shape and geometry in combination with a suitable kind of material.



6-Punkt-Biegeversuch an einem NTRC-Deckenelement

6 point bending test on a NTRC ceiling element

Photo: Cevin Schütz

The 3 m long and 60 cm wide components are composed of a barrel shell and two adjacent vertical webs. The development of these ceiling elements goes hand in hand with the development of a new composite material. This step is necessary because the production of curved textile concrete elements is relatively complicated when using the current manufacturing methods (laminating, spraying or casting). Through a further development of

textile reinforced concrete (TRC), the project partner BCS has been achieving improvements in terms of the outer shaping of the ceiling elements and the stability of the inner layer of the textile. For this, layers of concrete saturated nonwovens – called fleece concrete composite (FCC) by the manufacturer – had been added to the known TRC, resulting in a new composite material that is referred as NTRC (nonwoven / textile reinforced concrete). The FCC layers are also suitable as a substitute for the otherwise necessary space holders, which must usually be added to the textile scrim by hand.

The structural behaviour of the produced ceiling elements have already been investigated in six-point bending tests. Both, the force-deflection curves of the load tests and the stress-strain curves of tensile tests on NTRC tensile specimens, are characterized by a low dispersion, i.e. a high uniformity in production and a high local stability of the textile scrim.

Computational analyses are carried out with the help of finite element models along with the experimental studies. First, the simulation models are calibrated using the determined material parameters of the tensile tests, and they are then validated using the results of the bending tests.

Titel | Title

Produkt- und Verfahrensentwicklung von leichten tragenden Deckenelementen aus textiltbewehrtem Beton für das Bauen im Bestand | *Product and process development of light bearing ceiling elements of textile reinforced concrete for the building in existing*

Förderer | Funding

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi); Projektträger: AiF Projekt GmbH

Zeitraum | Period

07.2014 – 06.2016

Leiter | Project Manager

Prof. Dr.-Ing. habil. Ulrich Häußler-Combe

Bearbeiter | Contributor

Dipl.-Ing. Tilo Senckpiel

Projektpartner | Project Partners

ASSMANN BERATEN + PLANEN GmbH, NL Dresden | BCS Baustoff Control Service GmbH & Co. KG, Dresden | Dipl.-Ing. H. Bendl Hoch- und Tiefbau GmbH & Co. KG, Sebnitz | Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V., Chemnitz

Das Fassadenelement der Zukunft

Aus der Notwendigkeit von mehr Rohstoffeffizienz und geringerem Energieverbrauch entstand die Idee, ein tragendes Textilbetonelement zum Beheizen von Räumen zu entwickeln. Carbon ist hoch tragfähig, gleichzeitig aber auch elektrisch leitend. Legt man an eine Carbonbewehrung eine Spannung an, wird ein Teil der elektrischen Energie wegen des spezifischen elektrischen Widerstands des Carbons in thermische umgewandelt, die dann als Strahlungswärme an einen Raum abgegeben werden kann. Wärmestrahlung wird bereits bei niedrigeren Raumtemperaturen als angenehm empfunden, weshalb in relativ kurzer Zeit ein behagliches Raumklima entsteht.

In den vergangenen drei Jahren wurden zahlreiche Materialuntersuchungen für ein solches Fassadenelement durchgeführt. Zum Einsatz kam ein hybrides Gelege mit Carbonfasern in Kettrichtung (Haupttragrichtung) und AR-Glasfasern in Schussrichtung. Es wurden zahlreiche mechanische Versuche zur Zugtragfähigkeit sowie zum Verbund unter verschiedenen Temperatureinwirkungen durchgeführt. Daraus konnten dann Widerstandskennwerte für die Bemessung des Bauteils abgeleitet werden. Um die Tragfähigkeit eines Demonstratorbauteils zu überprüfen, wurde ein Bauteilversuch in einem Fassadenprüfstand durchgeführt. Die bemessungsre-

levanten Horizontallasten konnten ohne Schädigung des Bauteils eingetragen werden. Zur Überprüfung der Tragfähigkeit der Klebeverbindung zwischen GFK-Profil und Textilbetonplatte wurden außerdem auch zahlreiche kleinteilige Versuche ausgeführt. Die großen Verformungen der Klebeverbindung waren reversibel.

An ein raumabschließendes Fassadenelement werden auch Brandschutzanforderungen gestellt. Die Einstufung in eine Feuerwiderstandsklasse erfolgte anhand von Brandversuchen. Dabei wurden verschiedene Konstruktionsformen des Fassadenelements in einem Brandofen geprüft. Entscheidend ist die verstrichene Zeit bis zum Versagen des Elementes. Die Zugabe von PP-Fasern zur Betonmischung erhöhte die Brandbeständigkeit deutlich.

Am Schluss wurde das Bauteilverhalten unter realen Bedingungen erprobt. Dazu wurde ein Demonstratorbauteil in eine Pfosten-Riegel-Konstruktion an einem Gebäude der HTWK Leipzig eingebaut. Anschließend wurde ein Monitoring am Bauteil durchgeführt, um die Umwelteinflüsse und die Heizleistung des Panels über eine längere Zeit zu beobachten. Die endgültigen Ergebnisse stehen noch aus.



Prüfung der Klebeverbindung zwischen GFK-Profil und Textilbetonplatte

Examination of the glued connection between FRP profile and TRC slab

Photo: Elisabeth Schütze

The façade element of the future

From the need to use resources efficiently and to minimize energy consumption, the idea of developing load-bearing textile reinforced concrete elements with an integrated heating function comes into mind. Besides load bearing capabilities, carbon fibres are also electro conductive. If one applies power to a carbon reinforcement, one part of such power would be transformed into thermal energy because of the resistivity of the carbon. These heated panels give off radiant heat into an indoor area, which is comfortable if the indoor temperatures are relatively low.



Probekörper während eines Brandversuchs mit starker Rauchentwicklung

*Specimen during a fire test with heavy smoke emission
Photo: Karoline Holz*

In the past three years, several research projects were carried out for the planned façade panels. The use of hybrid textile reinforcement consisted of carbon fibres, in the main bearing direction (warp direction) and of alkali resistant glass fibres, in the cross direction. A large number of mechanical tests were made to determine the tensile strength and the bond

behaviour under different temperatures. Out of these tests, characteristic values for the material properties were determined for the design of the panel.

The ultimate load-bearing capacity of the so called "smarttex board" was tested in a façade testing facility to prove the resistance against wind suction load. The dimensioning load was borne without a sign of damage. To determine the load-bearing capacity of the joint between GRP profiles and the textile reinforced concrete slab, many tests were made. The joint showed quite big reversible deformations.

A room-enclosing façade element has to fulfil fire protection requirements. Thus, the panel had to be classified into a fire-resistance class by fire tests. Several construction variants of the panel were tested. The critical result of the fire test was the time elapsed to failure. With the use of polypropylene fibres, the fire resistance was increased.

Lastly, the behaviour of the panels was observed under real conditions. Therefore, the panel was placed in a post-and-beam construction at a building at the Leipzig HTWK. Subsequently, monitoring of the panel was done to observe the influence of environmental conditions and of the heating power. The final results are still pending.

Titel | Title

Klimaneutrale Strahlungsheizung aus Textilbeton – Entwicklung von tragenden Textilbetonbauteilen mit adaptiven Heizstrukturen aus Kohlenstofffasern für klimaneutrale Gebäudeenergiekonzepte | *Climate neutral radiant heater made of TRC – Development of load-bearing concrete members with adaptive heating structures made of carbon fibres for buildings with climate neutral energy strategy*

Förderer | Funding

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi); Projektträger: AiF Projekt GmbH

Zeitraum | Period

06.2012 – 08.2015

Leiter | Project Manager

Dr.-Ing. Frank Schladitz

Bearbeiter | Contributor

Dipl.-Ing. Karoline Holz

Projektpartner | Project Partners

Qpoint GmbH, Dresden | SGB Steuertechnik GmbH, Leipzig | HFB Engineering GmbH, Leipzig | Variotec GmbH & Co. KG + IEM Forstner, Neumarkt i. d. Oberpfalz | Architektur-Institut, HTWK Leipzig, FG Energie-design

autartec – der Entwurf steht

Das erste Drittel der Projektlaufzeit für das geplante autarke Haus in der Lausitzer Seenlandschaft ist vorüber und zur Zufriedenheit aller beteiligten Forschungseinrichtungen und Praxispartner konnte der Entwurf für das schwimmende Haus fertiggestellt werden. Um möglichst ganzjährig einen effektiven Autarkiegrad des Gebäudes zu gewährleisten, erfolgte die Auslegung der photovoltaischen und solarthermischen Paneele für die Nutzung in den Wintermonaten. Die Kühlung im Sommer wird mittels einer sparsamen Verdunstungsanlage realisiert, die je nach Bedarf aktiviert werden kann.

Das Problem eines autarken Hauses ist die große Menge an benötigten Technikmodulen, um eine Grundversorgung mit Strom, Wärme und nutzbarem Wasser sicherzustellen. Wegen der begrenzten Nutzfläche im Gebäude sollen diese Technikmodule in bestehende Gebäudeelemente integriert werden. So wurde unter Berücksichtigung der Geometrie eines Batteriespeichermoduls ein Wandsystem aus Textilbeton (TRC) entwickelt, in welches der Technikbaustein inklusive Medienversorgung integriert werden kann. Um die Wartung bzw. den Austausch einzelner Technikmodule zu ermöglichen, kann jedes TRC-Wandelement separat geöffnet werden.

Das TRC-Wandelement selbst ist eine Rippenkonstruktion. Um seine Steifigkeit zu erhöhen, wurden zusätzlich Querstege in das Bauteil integriert. Das Wandmodul kann in einem Zuge im Gießverfahren betoniert werden. Durch die aufgelöste Geometrie des Moduls besteht die Bewehrung aus mehreren Bewehrungskörben aus Carbongelege. Um die Formstabilität der Bewehrungskörbe zu gewährleisten, werden die Carbontextilien mit einer zusätzlichen Beschichtung aus flüssigem Epoxidharz getränkt. Nach der Erhärtung des Epoxidharzes kann der fertige Bewehrungskorb mit Abstandhaltern versehen und in die Schalung eingesetzt werden.

Nach der Fertigung der ersten Wandelemente aus Textilbeton erfolgten Untersuchungen hinsichtlich des Wärme- und Schallverhaltens. Der jetzige Bearbeitungsstand berücksichtigt eine Entkoppelung der Wandelemente untereinander und zum Fußbodenaufbau. Auch wurden ergänzende Tragfähigkeitstests im OML erfolgreich durchgeführt. Um die Grenztemperatur der Batteriespeicher einzuhalten, wurde ein ausgeklügeltes Belüftungsnetzwerk integriert. Im nächsten Schritt wird ein modulares Treppensystem entworfen und die Tragfähigkeit anhand von Belastungsversuchen geprüft.



Detail des Wandelementes aus Textilbeton
Detail of the TRC wall element Photo: Egbert Müller

autartec – the building design is done

A huge milestone of tomorrow's buildings is the autarkic efficiency. The research project 'autartec' will make an essential contribution to achieve this goal. One third of the project has been completed, as scheduled, in a timely manner, and we can proudly present the final building design. To ensure a highly effective degree of self-sufficiency, both the photovoltaic system and the solar thermal system are optimized for the winter months. During the summer time, the cooling system works with an economical evaporating unit, which can be activated according to one's requirement.



Entwurf des autarken Gebäudes

Design of an autartec building Graphic: A. Michel, IVI Fraunhofer

To guarantee the basic supply of electricity, thermal energy, and potable water, many technology modules, comprised of control systems and equipment, are necessary, needing a big amount of storage space. One goal of the research project is to place most of the required modules in the structural elements of the building. In addition, every structural element shall be accessible and opened for maintenance or replacement of the components.

One of such structural elements is a wall element. Basically, this wall element is a ribbed construction with additional cross webs to increase the stiffness of the cross section, and a removable façade, when required. The manufacturing process will focus on producing precast elements for this purpose. Besides having no construction joints, another advantage of the precast approach is the smooth surface of the wall element. On the basis of a smart element design, the textile reinforcement consists of many reinforcement cages. To handle the installation and an accurate placement of the reinforcement, the reinforcement cages are modified with an epoxy resin. In this manner, the geometrical stability of the reinforcement is ensured. Now, with the help of spacers, the reinforcement cages can be installed in the framework easily.

After the completing the manufacturing process of the wall elements, studies of the thermal and sound behaviour were carried out. The isolation of the wall elements to the floor construction and to each other is being taken into consideration at the present time. In addition, the load-bearing capacity was determined at the Otto-Mohr-Laboratorium. Control systems and equipment installed within the walls require tight temperature control at the wall voids used as storage. Our next task is to develop and study a modular staircase system.

Titel | Title

Experimentelle Untersuchungen zur Prüfung und Entwicklung von Materialien im Bereich des Textilbetons sowie funktionspezifische Bauteilprüfungen an Textilbetonelementen | *Building elements with integrated energy storage and structural components for self-sufficient residential areas and "swimming architecture"*

Förderer | Funding

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF); Projektträger: PT Jülich / Wachstumskern autartec

Zeitraum | Period

09.2014 – 08.2017

Leiter | Project Manager

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

Bearbeiter | Contributor

Dipl.-Ing. Egbert Müller

Projektpartner | Project Partners

AIB GmbH, Bautzen | bendl HTS, Sebnitz | BWB, Sebnitz | DZT, Dresden | Rupp Betonerzeugnisse, Neustadt an der Orla

Mit Sicherheit wirtschaftlich!

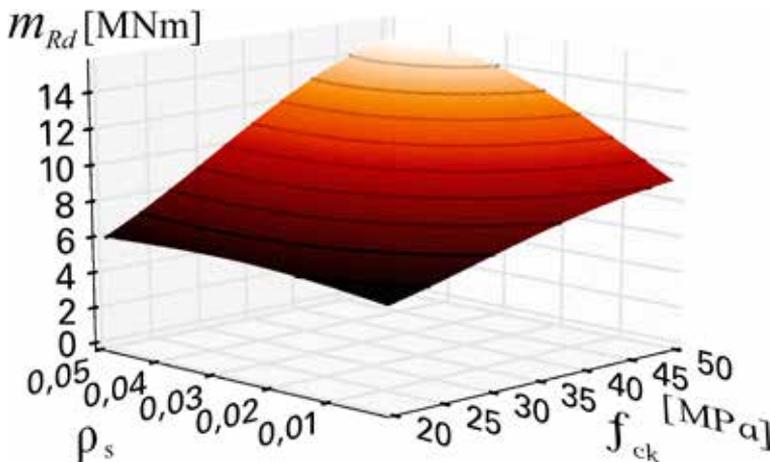
Vor wenigen Jahren wurde die Thematik Textilbeton ausschließlich dem Stand der Wissenschaft zugeschrieben. Um Bestandteil des Stands der Technik im Bauwesen zu werden, bedarf es einer wirtschaftlichen Festsetzung von Sicherheitsmargen, die eine ausreichende Tragsicherheit der Bauwerke garantieren. Dazu werden im allgemein verwendeten semiprobabilistischen Sicherheitskonzept die Einwirkungs- und Widerstandsseite entkoppelt und mit jeweiligen Beiwerten versehen, die unvermeidbare Streuungen berücksichtigen sollen.

Zur Bestimmung dieser Beiwerte für neue Baustoffe wie Carbonbeton und seine Komponenten, für die noch kein ausgeprägter Erfahrungsschatz besteht, müssen Methoden gefunden bzw. vorhandene zielführend angewendet werden, um die Balance zwischen Wirtschaftlichkeit und Sicherheit zu gewähren. In diesem Zusammenhang wird das Thema als Teilprojekt innerhalb des Basisvorhabens B3 im Verbundprojekt C³ bearbeitet.

Unter der Annahme, dass sich das operative Sicherheitsniveau für neue Bauweisen in ähnlichen Dimensionen wie das bereits etablierter befindet, ist es an wirklichkeitsnahen Ingenieurmodellen zu validieren. In diesen Modellen müssen mögliche,

streuende Einflussparameter als Zufallsvariablen mit einer realitätsnahen Verteilung berücksichtigt werden. Für ein derart erstelltes probabilistisches Modell nach Zuverlässigkeitstheorie 1. Ordnung wird anhand der Auswertung diskreter Realisierungen eine sogenannte Antwortfläche generiert, die eine genaue Abschätzung aller aufnehmbaren maximalen Lasten unter Einbeziehung variabler Eingangsgrößen repräsentiert. Sie repräsentieren somit die möglichen Widerstände im Ingenieurmodell.

Vergleichend dazu können auch die Traglasten ebenso mittels des semiprobabilistischen Sicherheitskonzepts bestimmt werden. Hierfür werden nach Eurocode 2 nominelle Werte – etwa Mittel- oder 5%-Quantilwerte – für streuende Materialkennwerte gewählt. Nichtsdestominder fehlt für dieses Modell bei Verwendung von Textilbeton ein entscheidender Beiwert: der Teilsicherheitsbeiwert γ_{*} für das Zugtragverhalten des neuartigen Werkstoffs. Dieser muss sinnvoll vorgegeben oder im Umkehrschluss unter Annahme eines ausreichenden Sicherheitsniveaus berechnet werden. Dazu bedarf es lediglich der Verhältnisbildung der Traglasten aus dem probabilistischen und dem semiprobabilistischen Modell, wobei ein Mindestwert von 1,0 unter jeglicher Kombination diskreter Eingangsgrößen eingehalten werden muss.



Antwortfläche des probabilistischen Bemessungsmoments eines verstärkten Querschnitts für verschiedene Parameterkombinationen

Response surface for the probabilistic design moment of a strengthened cross section for various parameter combinations

Graphic: Jörg Weselek

Light. Economic. Safe.

Textile reinforced concrete (TRC) attains increasing attention among experts. Few years ago, this topic was just attributed to scientific circles. To become a part of the state-of-the-art in the construction industry, an economic fixation of the safety margin, that ensures a sufficient reliability of its construction elements, is required. For this purpose, the resistance and the load side, in the design equation, are decoupled by the commonly used partial safety concept. On both sides, coefficients are added to consider unavoidable scattering effects.

Subsequently, a method is needed to determine this decisive factor on the resistance side for TRC as a novel material, due to the lack of experience on which basis other partial safety factors had been calibrated in civil engineering. In fact, the aim should be a compromise between an economic design on the one hand, and a sufficient safety level, which marks the minimal boundary, on the other.

Assuming an operational safety level, which is comparable to those of existent constructions, a realistic probabilistic model for an engineering model of strengthened beams is built. It is based on the First Order Reliability Method (FORM), where

Titel | Title

Basisvorhaben B3: Konstruktionsgrundsätze, Sicherheits- und Bemessungskonzepte sowie standardisierte Prüfmethode für Carbonbeton – Teil Sicherheitskonzept | *Basic project B3: Construction principles, safety and design concepts as well as standardised test methods for carbon reinforced concrete – part safety design*

Förderer | Funding

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF); Projektträger: PT Jülich / C³ – Carbon Concrete Composite

Zeitraum | Period

01.2015 – 06.2016

Leiter | Project Manager

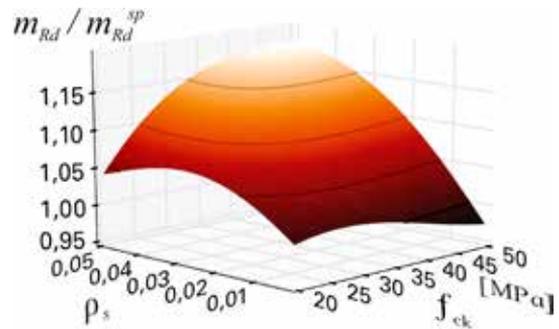
Prof. Dr.-Ing. habil. Ulrich Häußler-Combe (Teil Sicherheitskonzept)

Bearbeiter | Contributor

Dipl.-Ing. Jörg Weselek

Projektpartner | Project Partners

13 Partner, darunter 6 Forschungseinrichtungen und 7 Unternehmen



Antwortfläche des Verhältnisses der Querschnittswiderstände eines mit Carbonbeton verstärkten Biegequerschnitts

Response surface for the ratio of the probabilistic and semi-probabilistic calculation of a strengthened cross section
Graphic: Jörg Weselek

uncorrelated scattering parameters are adopted to calculate the load capacities of various structure samples. In terms of a pre-set failure probability, the theoretical resistance of this structure, with numerous combinations of input variables, e.g. concrete strength or percentage of reinforcement, can be determined by the response surface method.

It is also possible to carry out the calculations under simplified preconditions, where the input variables are defined as fixed values, e.g. mean values or quantiles for the material strengths. The scattering character of them is considered by the mentioned partial safety factors. Simply put, this procedure is known as the semi-probabilistic safety concept. But one value needs to be set; the desired partial safety factor for TRC under tension, $\gamma_{t,TRC}$.

By comparing the results from the, more realistic, probabilistic and the simplified semi-probabilistic calculation – for the corresponding combinations of input variables – the determination of the safety margin for each combination is possible. Under equal conditions, if the ratio of these calculations does not fall below the value of 1.0, it can be said, that the safety level is sufficient. On the counterpart side, high ratios indicate an uneconomic usage of TRC within the design model.

Erfolgreich angewendet – Textilbeton nimmt Fahrt auf!

Nach umfangreichen Testreihen wurde dem Deutschen Zentrum Textilbeton (DZT) 2014 die erste allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-31.10-182 für die Anwendung von Textilbeton (TRC) erteilt. Hierbei handelt es sich um ein vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) zugelassenes Verfahren, das die Verstärkung von Stahlbeton mit TUDALIT®-Textilbeton allgemein regelt. Nun ist ein Jahr vorbei und erste Erfahrungen bei der Anwendung dieser Zulassung konnten gesammelt werden. Dank der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung ist es

seit einem Jahr nicht mehr notwendig, bei jeder Baumaßnahme eine Zulassung im Einzelfall (ZiE) für das Verstärkungsverfahren mit Textilbeton zu beantragen. Daher war es den Firmen ein leichtes Spiel, den Verbundwerkstoff verstärkt in der Praxis anwenden zu können. Es wurden unter anderem Fassadenelemente, Strommasten und ein Zuckersilo saniert. Da diese praktischen Anwendungen den branchennahen Firmen natürlich nicht verborgen blieben, stieg die Anzahl der interessierten Firmen an, die Handhabung mit Textilbeton zu erlernen. Entsprechende Schulungen werden regelmäßig vom DZT angeboten.

Infolgedessen wird mit den durchgeführten Verstärkungsmaßnahmen natürlich auch die baupraktische Akzeptanz von Textilbeton gesteigert und man darf gespannt weiter verfolgen, welches Bauwerk als nächstes mit Hilfe der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung verstärkt werden wird.

Aber auch auf dem Gebiet der Forschung innerhalb der Zulassung wird stetig weitergearbeitet. Um das Produkt TUDALIT®-Textilbeton weiter konkurrenz- und leistungsfähiger zu gestalten, finden fortlaufend vertiefte Untersuchungen auf der Materialebene und im Zusammenspiel der unterschiedlichen Bestandteile der textilen Bewehrung statt. Konkret werden regelmäßig Ergänzungsversuche durchgeführt, um die Palette der auf dem Markt erhältlichen Textilien, die die Bedingungen der Zulassung Z-31.10-182 erfüllen, zu erweitern und somit die Verbreitung des Textilbetons in Deutschland, aber auch darüber hinaus, zu befördern. Des Weiteren werden auf dem bisherigen Kenntnisstand aufbauend die Untersuchungen für die Anwendung von TRC bei Außenbauteilen und bei Bauteilen mit nicht vorwiegend ruhender Belastung weitergeführt.



Anbringen der textilen Bewehrung an einem geschädigten Fassadenelement

Repairing of a damaged façade element

Photo: Enrico Lorenz

Es kann konstatiert werden: Mit den vorhandenen Materialien sind bereits heute viele Anwendungen möglich, begrenzend wirken zumeist nur fehlende Zulassungen. Also: Weiter geht's!

Successfully applied – TRC is taking off!

In 2014, the German Centre of Competence for Construction (DIBt) granted the approval Z-31.10-182 to the German Centre of TRC (DZT) on the basis of many test series. Basically, this approval defines the application of textile reinforced concrete (TRC) for flexural bending strengthening inside of buildings. That facilitates the use of TRC by companies in practical applications. Before this, a specific approval for each individual case was required. The new approval regulates the strengthening techniques, the materials used, and the accompanying experiments to be carried out.

Today, after one year of having the first approval in effect, many companies have already gained much of experience using this composite material.

For example, façade elements, a sugar silo, or even power poles were strengthened using TRC. All these projects have attracted the attention of companies in the construction industry. As a result, many companies want to learn how to handle textile reinforced concrete. Therefore, the DZT offers trainings regularly. According to this trend, the industry awareness towards textile reinforced concrete, as a newly developed building material, increases constantly; engineers are looking forward to complete their next strengthening project

Titel | Title

Ergänzungsversuche zur Zulassung Z-31.10-182 für TUDALIT®-Textilbeton zur Bauteilverstärkung | *Additional tests for the approval Z-31.10-182 – strengthening of structural elements with TUDALIT® textile reinforced concrete*

Förderer | Funding

Deutsches Zentrum Textilbeton (DZT), Dresden

Zeitraum | Period

fortlaufend

Leiter | Project Manager

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

Bearbeiter | Contributors

Dipl.-Ing. Egbert Müller, Dr.-Ing. Enrico Lorenz, Dipl.-Ing. Elisabeth Schütze, Dr.-Ing. Harald Michler



Anwendung des Sandflächenverfahrens zur Überprüfung der Rauigkeit des Untergrundes an einer Musterprobe bei einer Sanierungsmaßnahme

Check of the roughness of the concrete surface on a sample specimen during a strengthening activity

Photo: Egbert Müller

with the help of this new material. Thanks to the approval, strengthening with TRC provides new opportunities to pursue new projects.

In spite of all these good news, the research work can't be neglected. To maximize the efficiency and the competitiveness of TUDALIT® TRC (product name), further experimental investigations take place continuously. On one hand, the basic material will be improved, and on the other, scientific studies of the interaction between the roving and the fabric's impregnation will be carried out. Mainly, additional tests are being undertaken which involve suitable textile reinforcements under several test conditions in order to upgrade the current approval. Thereby, both the product portfolio for textile reinforcements and the applicability options will hopefully expand simultaneously. In addition, test series comprising the strengthening of components under exterior exposure and building elements under predominantly non-static loading will continue.

To state the present situation: TRC provides a wide range of applications under controlled conditions but general standards don't exist. There is nothing to worry about: We will work at it!

Carbonbeton für Karamell

Am 26. Juni 2014 wurde das ein Jahr zuvor in Betrieb genommene und 80.000 Tonnen Weißzucker fassende Silo 9 der Nordzucker AG in Uelzen durch einen Brand beschädigt. Neben der Entsorgung des weltgrößten Karamellbonbons musste im Anschluss auch der Beton auf der inneren Silowand ab einer Höhe von 25 m bis zum Ringbalken in 58 m Höhe instandgesetzt werden.

Zum Einsatz kam Textilbeton. Gleichzeitig konnte die industrielle und allgemeine Anwendbarkeit der 1. allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung (abZ) für die Textilbetonbauweise gezeigt werden. Der Umfang der abZ wäre grundsätzlich ausreichend gewesen, um das Projekt durchzuführen.

Nur aufgrund eines notwendig werdenden Materialwechsels bei der Bewehrung wurde dann doch eine Zustimmung im Einzelfall im Vorgriff auf die Erweiterung der abZ erwirkt.

Für die Sanierung wurden ca. 14.000 m² Textilien innerhalb weniger Wochen durch die Firma V. Fraas produziert und durch Mitarbeiter der Implenia AG eingebaut. Zuerst wurde in den oberen zwei Dritteln des Silos die lose bzw. schadhafte Betondeckung durch Hochdruckwasserstrahlen abgetragen. Auf den so vorbereiteten und tragfähigen Untergrund wurde im Bedarfsfall eine Egalisierung aufgetragen und anschließend zwei bzw. drei Schichten Textilbeton in Ringrichtung eingebaut. Dazu wurden lediglich zwei Arbeiterteams im Zwei-Schichten-Betrieb gebraucht. Der Einbau der Textilbetonschichten im Sprühverfahren erweist sich hier als sehr vorteilhaft und schnell, wobei die Förderung des Sprühgutes auf einer Höhe von ca. 60 m eine gewisse Herausforderung darstellte.



Gerüst im Inneren von Silo 9 der Nordzucker AG

Scaffold inside of silo 9, Nordzucker AG Photo: Harald Michler

Die in der Zulassung vorgesehene Fertigmischung – Pagel TF10 – konnte ohne Modifizierung verwendet werden. Auch dort, wo drei Schichten eingebaut wurden, erreicht die Textilbetonschicht lediglich eine Gesamtstärke von ca. 1,5 cm. Damit wird das Nutzvolumen des Silos nicht beeinträchtigt. Nach dem Aufbringen der Textilbetonschichten wurde die Oberfläche dann lediglich geschliffen und, nach dem Abbau des Gerüsts, mit einer lebensmittelechten Beschichtung versehen, bevor das Silo wieder mit Zucker gefüllt werden kann. Die Gebrauchstauglichkeit des Silos konnte voll wiederhergestellt werden und wir sind sicher, dass auch zukünftig kein Beton in den Zucker gelangen wird. Das Silo konnte fristgerecht zur neuen Zuckersaison übergeben werden.

Carbon concrete for caramel

On June 26, 2014, the silo No. 9 of the Nordzucker AG in Uelzen was damaged by fire. The silo had been put into operation the year before, and it is able to store 80,000 tons of white sugar. In addition to the disposal of the world-biggest caramel candy, the concrete surface had to be repaired at the internal silo wall from a height of +25 m up to +58 m, at the ring beam.

Within the project "Uelzen 2", the industrial and general applicability could be shown, of the very first general technical approval (GTA) for the use of textile reinforced concrete (TRC) for strengthening of constructions. In 2012, a sugar silo in Uelzen already had been strengthened. This time, the restoration due to fire damage was needed. The extent of the licensing scope granted by the GTA would have been enough to carry out the project. However, compared to the existing permit, a material change in the reinforcement was necessary. Therefore, an additional approval had to be obtained, for individual cases, in anticipation of the increased scope of the existing general technical approval.

For the sugar silo, approx. 14,000 m² textile fabrics were produced within few weeks by the company

Titel | Title

Anwendung von Textilbeton bei einer Siloinstandsetzung | Application of textile reinforced concrete at a silo rehabilitation

Auftraggeber | Client

CarboCon GmbH, Dresden

Zeitraum | Period

05.2015 – 08.2015

Leiter | Project Manager

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

Bearbeiter | Contributors

Dr.-Ing. Harald Michler, Dipl.-Ing. Egbert Müller

Projektpartner | Project Partners

Implenia Instandsetzung GmbH, Hamburg | Pagel Spezial-Beton GmbH & Co. KG, Essen | V. Fraas GmbH, Helmbrechts | IPRO Industrieprojekt GmbH, Magdeburg | CarboCon GmbH, Dresden | GWT-TUD mbH, Dresden



Textilbeton in der praktischen Anwendung:
oben Verstärken, unten Egalisieren

TRC in practical application: strengthening (at the top)
and leveling (below) Photo: Harald Michler

V. Fraas and were applied by professionals of Implenia (formerly Bilfinger SE) in the ring direction of the silo. The renovation works started with the removal of loose or damaged parts of the concrete cover by high pressure water jets in the upper 2/3 part of the silo. On the so prepared, load-bearing concrete surface a levelling layer was applied, where necessary, and afterwards two to three layers of TRC were applied by spraying concrete very quickly. The pumping of the concrete matrix, made of standard Pagel TF10, to a height of approx. 60 m was a clear challenge. The full reinforcement layer was not more than approx. 1.5 cm thick. So, the useable volume of the silo had not nearly changed. At the end, the surface was merely polished and covered with a food-safe coating after dismantling of the scaffold.

Just in time for the new sugar season, the silo could be handed over to Nordzucker AG. Here, in contrast to the project "Uelzen 1", the usability of the silo was restored by the textile reinforced concrete layers, a static strengthening was not necessary, and we could insure that no traces of concrete could be found in the sugar, because nobody wants to have concrete in the sugar.

Textilbeton zur Instandsetzung von Abwasserbauwerken

Aus Umfragen der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) ist bekannt, dass ein Großteil unserer Kanalisation ein Alter erreicht hat, in dem die Anfälligkeit für Schäden steigt. Hier besteht Handlungsbedarf, damit die flächendeckende Entsorgung der Abwässer gewährleistet bleibt. Neben bereits etablierten, zurzeit jedoch häufig teuren Sanierungsvarianten ist Textilbeton (TRC) eine gute Erweiterung dieses Segmentes. In der Regel müssen nur die lokal betroffenen Schadstellen in Stand gesetzt werden, was mit TRC gut möglich ist. Aufgrund seiner Materialeigenschaften wie dünne Schichtaufbauten und ein feines Rissbild scheint TRC prädestiniert für die Anwendung im Abwasserbereich, konkrete Untersuchungen lagen jedoch nicht vor.

Deshalb wurden in einem FuE-Projekt Betone für Arbeiten in Kanalbauten und ein Carbondtextil ausgewählt, an denen anschließend umfangreiche Untersuchungen zum Materialverhalten des Verbundwerkstoffes unter einem chemischen

Angriff stattfanden. Es zeigte sich, dass die Umgebungsbedingungen erheblichen Einfluss auf die Tragfähigkeit und das Tragverhalten haben. In den durchgeführten Untersuchungen nahm die maximal aufnehmbare Spannung des Werkstoffes bei einer Lagerung in einer Natriumsulfat-Lösung, verglichen mit einer Lagerung bei 20 °C und 65 % relativer Luftfeuchtigkeit um bis zu 22 % ab. Die Abnahme ist jedoch abhängig von der Lagerungsdauer in der Schadelösung und dem verwendeten Betonmaterial. Das Verbundverhalten zwischen textiler Bewehrung und Betonmatrix verändert sich ebenso und muss bei der Anwendung am Bauwerk Berücksichtigung finden. Das prinzipielle Materialverhalten bleibt jedoch unverändert.

Mit Hilfe dieser Erkenntnisse konnte in einem Kanalbauwerk in Dresden der Scheitelbereich in Stand gesetzt werden. Großflächige Betonschäden verbunden mit Stahlkorrosion in geringerem Umfang gaben Anlass zum Handeln. Nachdem der Untergrund fachgerecht wiederhergestellt wurde,

konnte die Textilbetonschicht aufgebracht werden. Die Arbeiten wurden im Anschluss gemeinsam mit dem Projektpartner aus baupraktischer Sicht bewertet. Gemeinsam wurde ein Leitfaden für das Unternehmen entwickelt, welcher die qualitativen Standards bei Arbeiten mit Textilbeton in Kanalbauwerken sichern soll. Weiterhin wurden Verfahren zur Bauwerksüberwachung der Teststrecke festgelegt, welche auch nach Projektende fortgeführt werden soll.



Textilbetonarbeiten am Scheitel im Kanal

Textile reinforced concrete work at the crown in the sewer

Photo: Tobias Walther

TRC for repair of wastewater structures

Surveys of the German association for water, wastewater and waste show, that a large part of the canalisation in Germany has already reached an age, where the susceptibility to damages increases significant. Action is required here, so that the widespread disposal of wastewater can be guaranteed. Textile reinforced concrete (TRC) seems to be a wise addition to the current, mostly expensive, renovation methods. Usually, only local defects need to be repaired, which is easy to do with TRC. TRC seems to be predestined to an application in waste water area because of its material properties, which result in thin layered structures and fine crack patterns. But investigations into this area are still rare.



Arbeiten mit Textilbeton am Rand eines Klärbeckens
Working with TRC at the edge of a clarification tank
Photo: Tobias Walther

An appropriate concrete and carbon textile for sewer construction were chosen for the extensive investigations that were conducted involving the behaviour of the composite material under chemical attack in a research and development project. The results show that the environ-

mental conditions have a significant influence on the load-bearing capacity and load-bearing behaviour. While storing specimen in sodium sulphate solution, the load-bearing capacity was reduced by 22 % compared to that of a specimen stored under normal conditions (20 °C, 65 % relative humidity). The reduction depends on both the storage time in the faulty solution and the type of concrete used. The bond behaviour between the roving and the concrete is also changing, and it has to be taken into consideration at the construction, but the basic material behaviour of the textile fabric remained unchanged.

With these new insights, the crown of a real sewer could be repaired. Extensive deterioration of the concrete and some steel corrosion were the reasons for taking action. After proper surface preparation, the TRC layer could be applied. Afterwards, the activities were evaluated together with the industrial partner. To promote TRC quality standards, a manual was developed together. Also, a procedure for structural monitoring of the specimen was developed, which is still on-going after the end of the research project.

Titel | Title

Material- und Verfahrensentwicklung für nachhaltige Instandhaltungs-, Instandsetzungs- und Sanierungsmaßnahmen von Abwasserbauwerken unter Verwendung von textilbewehrten Betonen | *Material and process development for the sustainable maintenance, repair and rehabilitation of sewer systems using textile reinforced concrete*

Förderer | Funding

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi); Projektträger: AiF Projekt GmbH

Zeitraum | Period

04.2013 – 03.2015

Leiter | Project Manager

Dr.-Ing. Frank Schladitz

Bearbeiter | Contributor

Dipl.-Ing. Tobias Walther

Projektpartner | Project Partner

Kanal-Service Dresden GmbH, Dresden

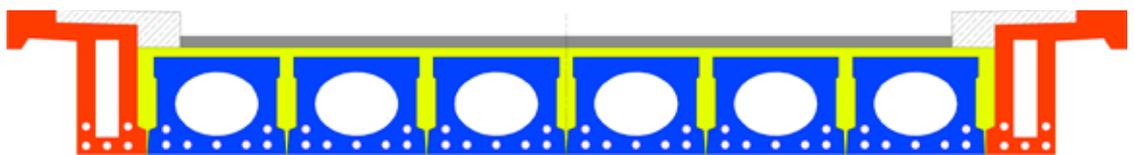
Sichere Straßenbrücken

Mit der Einführung der neuen Nachrechnungsrichtlinie (NRR) wird gegenwärtig eine große Zahl der Straßenbrücken in Deutschland durch statische Nachrechnungen untersucht, wie auch bei diesem Forschungsprojekt in Mecklenburg-Vorpommern. Einige der betrachteten Konstruktionen lassen sich allerdings auch mit den ergänzenden Regelungen in Stufe 2 der NRR nicht nachweisen. Dies betrifft hauptsächlich ältere Spannbetonkonstruktionen im Hinblick auf ihre Schubtragsicherheit. Aber auch Stahlüberbauten, bei denen die Beulsicherheit und auch die Ermüdungssicherheit den heutigen Anforderungen nicht mehr entsprechen. Zur Problemlösung werden wissenschaftliche Methoden bis zur Stufe 4 der Nachrechnungsrichtlinie angewendet.

Für einen Spannbetonüberbau wird die Schubtragfähigkeit beispielsweise bereichsweise mit einer Kombination aus dem klassischen Fachwerk- und einem Bogen-Zugband-Modell nachgewiesen. Dabei wird die traditionelle Trennung zwischen der Bemessung für Biegung und der für Querkraft überwunden. Stattdessen wird eine genauere Interaktion der beiden Schnittgrößen bei der Nachweisführung berücksichtigt. Auf diese Weise lassen sich bisher unerschlossene Tragreserven aktivieren, damit die Tragfähigkeit für diese Konstruktion ohne Lastbeschränkung nachgewiesen werden kann.

Als zweites Beispiel seien die Haupttragelemente einer großen Stahlbrücke angeführt, die hinsichtlich ihrer Beulsicherheit nicht mehr den heutigen Anforderungen genügen. Die Ursachen hierfür werden erforscht. Hier werden die aktuellen Bemessungsregeln den ursprünglichen Nachweisformaten gegenübergestellt und die Annahmen bei der Nachrechnung kritisch hinterfragt. Mit stufenweise reduzierter Verkehrsbelastung wird die Tragfähigkeit schließlich nachweisbar. Im Ergebnis der Nachrechnung werden an der Stahlbrücke weitgehende Verkehrseinschränkungen notwendig, bis die Sanierung der kritischen Bereiche realisiert ist.

Balkenreihentragwerke sind eine im Bestand häufig vorkommende Konstruktionsform, deren Tragverhalten mit erweiterten statischen Modellen vertiefend betrachtet wird. Dabei kommen neben der klassischen Berechnung mit Trägerrosten auch Flächentragwerke und Falwerke zum Einsatz. Die Ergebnisse aus diesen Untersuchungen werden hinsichtlich der Schnittgrößen vergleichend betrachtet. Damit sollen Lösungsansätze zur Behandlung der Defizite insbesondere bei der Torsionstragfähigkeit der Fertigteilträger gefunden werden.



Querschnitt eines typischen Spannbetonüberbaus bei einem Balkenreihentragwerk für vertiefende Untersuchungen zum Lastabtrag, speziell der Torsion

Cross section of a typical prestressed concrete superstructure for detailed studies of load-bearing behavior, especially for torsion

Graphic: Nico Schmidt

Safe road bridges

With the introduction of the new recalculation guideline in Germany, a large number of road bridges shall be evaluated accordingly, as it has been done within this research project for bridges in Mecklenburg-West Pomerania. In some cases, the capacity of the structures considered were found to be insufficient, even using the supplementary regulations at level 2 of the guideline. This applies mainly to the calculated shear strength capacity of prestressed concrete superstructures, but also to steel superstructures that are deficient e.g. in terms of their safety against buckling, which do not meet current requirements. Therefore, scientific methods were applied to solve these problems, according to recommendations at level 4 of the guideline.

As an example, the shear strength of a prestressed concrete superstructure was verified section by section using a conventional strut-and-tie model in combination with an arch-tension chord model. By that, the traditional separation of the designs for bending and for shear is overcome and a more accurate interaction of the design shear forces and bending moments is considered instead. In doing so, yet unexploited reserve load capacities can be accounted for, and



Bei älteren Stahlbrücken muss besonders Augenmerk auf den Beulnachweis filigraner Bleche gelegt werden.

Particular attention must be paid to the stability checks for bulging of fragile sheets of steel bridges.

Source/Photo: SIB-Bauwerksdatenbank Mecklenburg-Vorpommern 2012

the design capacity can be increased for structural verification without restrictions for traffic.

As a second example, it was found that the main load carrying members of a large steel bridge did not comply with the actual safety requirements for buckling. The underlying facts were investigated. Within this context, the current design rules were compared with the original ones and the assumptions for recalculation were critically questioned. With a slightly reduced live load level, the calculated design capacity eventually was found to be sufficient for this structure. As a result of the structural recalculation, extensive traffic restrictions are necessary until the retrofitting of the critical areas is completed.

Precast beam series are a type of structure that is widely used in the bridge inventory. Their load bearing behaviour were analysed in depth using refined structural models. Conventional calculation methods based on beam grillage models were used as well as shell structures and folded shell structures. The results of the investigations were compared in terms of sectional forces and moments. Based on that, solutions should be found to overcome deficiencies, in particular for the design torsional capacity of the precast beam elements.

Titel | Title

Wissenschaftlich-Technische Betreuung (WTB) beim Projekt zur Anwendung der Nachrechnungsrichtlinie auf den Brückenbestand Mecklenburg-Vorpommerns | *Scientific and technical supervision for application of the German recalculation guideline on the bridge stock of Mecklenburg-West Pomerania*

Förderer | Funding

Landesamt für Straßenbau und Verkehr Mecklenburg-Vorpommern

Zeitraum | Period

05.2011 – 06.2016

Leiter | Project Manager

Dr.-Ing. Torsten Hampel

Bearbeiter | Contributors

Dipl.-Ing. Nico Schmidt, Dipl.-Ing. Oliver Steinbock, M.Sc. Mateusz Ewertowski

Willy Gehler – Ein Beispiel für politische Irrwege an der TU Dresden?

Die Stadt Dresden sorgte in jüngster Vergangenheit beim Thema Flüchtlingspolitik und im Umgang mit Ausländern für wenig erfreuliche Schlagzeilen. Dass vor allem die TU Dresden sich von rechten Irrwegen wie „Pegida“ abgrenzt, zeigt sich nicht nur in der unproblematischen Aufnahme von Flüchtlingen in den Sportzentren der TU Dresden, sondern auch durch vielzählige Aufrufe zu Gegenveranstaltungen und nicht zuletzt durch die Internationalität ihrer Studenten und Mitarbeiter. Hinsichtlich der Aufarbeitung der Geschichte der Hochschulen während der NS-Zeit als auch in den ersten Nachkriegsjahren trägt das interdisziplinäre Projekt Willy Gehler (1876–1953) – Spitzenforschung, politische Selbstmobilisierung und historische Rezeption eines bedeutenden Bauingenieurs und Hochschullehrers im „Jahrhundert der Extreme“, einen Teil bei.

Der ehemalige Professor und Bauingenieur Willy Gehler durchlebte vier Epochen deutscher Geschichte. Geboren im Kaiserreich, beginnt er nach dem Studium der Mathematik und des Bauingenieurwesens sein Berufsleben zunächst

im Staatsdienst bei der Königlich Sächsischen Staatsbahn (1900–1904). Nach seinem Wechsel aus dem Staatsdienst in die Wirtschaft zur Firma Dyckerhoff und Widmann steigt Gehler schnell im Unternehmen auf und arbeitet an Projekten wie der Querbahnsteighalle Leipzig oder der Jahrhunderthalle in Breslau. 1913/1914 wird er als ordentlicher Professor an die TU Dresden im Fachbereich Bauingenieurwesen berufen. Bereits im 1. Weltkrieg zum Leiter der Bautenprüfstelle im Kriegsamt aufgestiegen, leitet er ab 1918 die Versuchs- und Materialprüfungsanstalt in Dresden.



Willy Gehler (ca. 1950)
Source: TU Dresden

Gehler entwickelt in der jungen Weimarer Republik einen großen Tatendrang hinsichtlich des damals ebenfalls noch jungen Baustoffs „Eisenbeton“. Ab 1933 führt er vermutlich auch kriegsrelevante Forschungen durch, nachdem er bereits 1933 der NSDAP beigetreten war. Der Umfang dieser Tätigkeit und die möglichen Verstrickungen, aber auch die rein wissenschaftliche Bewertung der gewonnenen Erkenntnisse sind Gegenstand aktueller Forschungen. Aus der Professorenstelle nach dem 2. Weltkrieg im Rahmen der Entnazifizierung entlassen, arrangiert sich Gehler auch mit den neuen politischen Kräften in der sowjetischen Besatzungszone. Diese stetige Anpassung an die politischen Randbedingungen und die fachliche Expertise dieses Ingenieurs machen ihn für die Forschung besonders interessant.



Querbahnsteighalle des Bahnhofs Leipzig, zeitgenössische Aufnahme zwischen 1909 und 1911

Lateral platform hall of Leipzig station, contemporary photograph between 1909 and 1911
Source: Photograph archive of Verkehrsmuseum Dresden

Willy Gehler – An example of political missteps at the TU Dresden?

In recent days, unpleasant headlines about the refugee policy and the handling of foreigners has portrayed the City of Dresden. In front of all that, TU Dresden has separated itself from right orientated organizations, such as Pegida. That can be attested not only by the uncomplicated process of providing refugees with housing at the TU Dresden sport fields, but also by the anti-demonstrations, the human chains and, finally, the broad student diversity at the university itself. Retrospectively, the interdisciplinary research program "Willy Gehler (1876–1953) – edge research, political self-mobilization and historical assessment of an important civil engineer and professor in "the century of extremes" is an important part within the analysis of the university history during the NS-era and the early postwar years.



Vermutlich älteste noch erhaltene Stahlbetonbrücke in Mitteldeutschland, geplant von Willy Gehler, am Güterbahnhof in Niedersedlitz (Sommer 2015)
Presumably oldest still obtained reinforced concrete bridge in Middle Germany, planned by Willy Gehler, at the train yard in Niedersedlitz (summer 2015) Photo: Oliver Steinbock

The former professor and civil engineer Willy Gehler lived during four epochs of German history. Born in the German Empire, he started his career in the civil service (Royal Saxon State Railways 1900–1904) after completion of his mathematic and civil engineering studies.

Titel | Title

Willy Gehler (1876–1953) – Spitzenforschung, politische Selbstmobilisierung und historische Rezeption eines bedeutenden Bauingenieurs und Hochschullehrers im „Jahrhundert der Extreme“ | Willy Gehler (1876–1953) – edge research, political self-mobilization and historical assessment of an important civil engineer and professor in "the century of extremes"

Förderer | Funding

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Zeitraum | Period

11.2014 – 10.2017

Leiter | Project Manager

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

Bearbeiter | Contributor

Dipl.-Ing. Oliver Steinbock

Projektpartner | Project Partner

Lehrstuhl für Technik- und Technikwissenschaftsgeschichte, TU Dresden

After changing from the civil service to a private company, he successfully raised thru the ranks of his new employer, Dyckerhoff and Widmann, and became involved in major projects such as the lateral platform hall of Leipzig Station or the Centennial Hall in Breslau. In 1913/14 he was appointed as a full professor at the Civil Engineering Faculty of the TU Dresden. During the First World War, he became the head of the War Testing Office. After that, he was in charge of the material testing laboratory in Dresden. Through the era of the Weimar Republic, he was very interested in the new material "ferroconcrete". We also suspect that he was involved in the NS war research, after joining the NSDAP party in 1933. The extent of his possible political involvement during that time as well as his pure scientific achievements are both part of our research. After Second World War, it was no longer possible for him to work as a professor at the university. But even then, under the new political circumstances, he came along. Gehler's continuous adaptation to the political constraints coupled to his technical expertise as an engineer puts him at the center of a particularly interesting research project.

Carbon
concrete
composite

Material

6 x Tragflügel
als Stahl

4 x Nachbau
im Stahl

BAUEN NEU DENKEN

C²-Carbon Concrete Composite ist eines von 10 Projekten im Programm des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBWF) „Zukunft20 - Partnerschaft für Innovation“.

Die grundlegenden Ideen zu C² wurden in Dresden geboren und lassen auf der Erforschung von Textilbeton. Das C²-Projekt setzt erprobte Forschungen fort und stellt in einer neuen Dimension Bauen mit Carbonbeton begründet eine neue Bauweise. Die wesentliche Ziele verfolgt C² die Senkung des Energie- und Ressourcenverbrauchs im Bauwesen, die Gewährleistung von M im Bereich der Verkehrsinfrastruktur und die Schaffung von Arbeitsplätzen in neuen Bereichen.

Diese erstrecken sich die Betrachtungen im Projekt C² auf die gesamte Wertschöpfungskette (Maschinenbau, Beschichtungssysteme, Carbonveredelung, Fertigung- und Bauunternehmen etc.) von den Grundmaterialien bis zum fertigen Bauwerk. Die Erwartungen in den genannten Bereiche sind hoch. Produktion und Umsätze sollen wachsen, die Partner sollen sich stärker vernetzen und integrierte neue Arbeitsplätze sollen entstehen.

HEUTE
TOMORROW

Das größte
Bauforschungs-
projekt
Deutschlands

DAS C³-PROJEKT

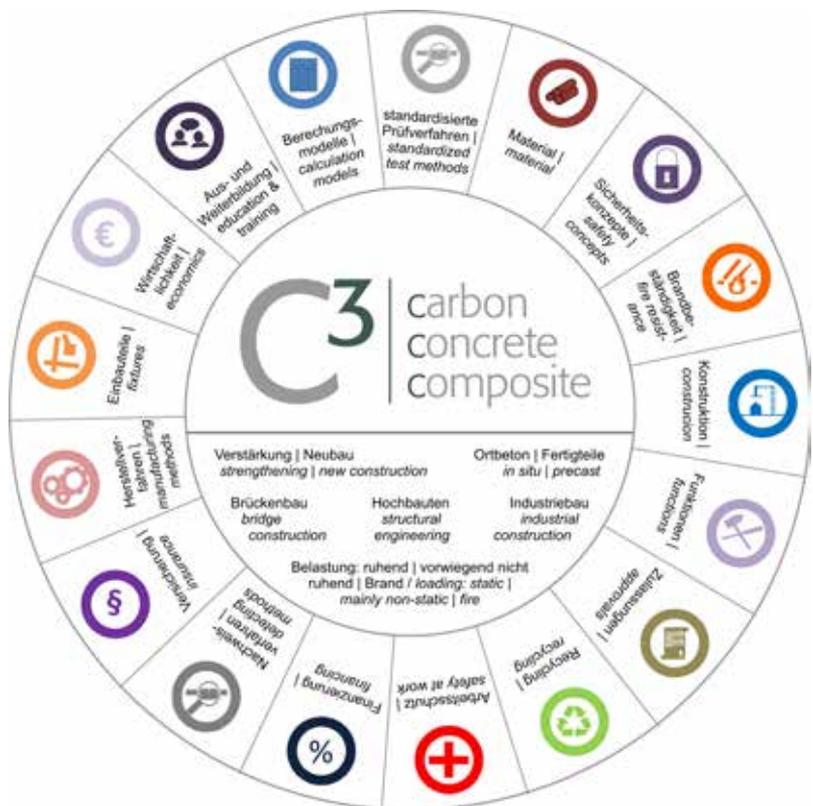
Forschungsauftrag zur Entwicklung des Baustoffs der Zukunft

Das Bauwesen ist aus volkswirtschaftlicher Sicht eine der wichtigsten Branchen Europas und weltweit, sodass es einen entscheidenden Beitrag zu den aktuellen gesellschaftlichen Herausforderungen unserer Zeit leisten muss. Diesbezüglich wird das Bauwesen vor allem mit dem exponentiellen Weltbevölkerungswachstum, der Landflucht, der verstärkten Urbanisierung und dem damit verbundenen, stetig steigenden Bedarf an Wohnraum und Infrastruktur, dem extrem hohen Verbrauch an Ressourcen und Energie für dessen Erstellung sowie dem damit einhergehenden hohen CO₂-Ausstoß bei einer derzeit unzureichenden Lebensdauer von Bauwerken konfrontiert. Folglich ist ein Wandel in der Bauwirtschaft notwendig, der außerdem die zunehmenden Veränderungen von Energie- und Mobilitätssystemen sowie die Durchdringung des Alltags durch digitale Medien berücksichtigen muss.

Hier setzt das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) mit 45 Millionen Euro geförderte und durch industrielle Eigenleistungen in Höhe von weiteren 22,5 Millionen Euro unterstützte Projekt C³-Carbon Concrete Composite an. In diesem Projekt forschen seit der Gründung des C³-Vereins im Januar 2014 bereits 135 Konsortialpartner aus Wissenschaft und Wirtschaft an dem neuen und vielversprechenden Baustoff Carbonbeton. Bauteile aus Carbonbeton können flexibler und filigraner sein als solche aus Stahlbeton bei gleichzeitiger Verlängerung der

Bauwerkslebensdauer, wodurch sowohl Ressourcen gespart als auch CO₂-Emissionen gesenkt werden. Außerdem führt der neue Baustoff Carbonbeton zu einer diversen Funktionalisierung dieser Bauteile. Grundlage sind die bewehrten Carbontextilien im Beton, die beispielsweise das Heizen von Fassaden und das Speichern von Energie in diesen ermöglichen können.

Die konkrete Zielstellung des C³-Projekts ist es, für den neuen Baustoff Carbonbeton alle Voraussetzungen zu schaffen, damit dieser bis zum Jahr 2020 in den Markt eingeführt werden und bis 2025 eine konkurrenzfähige Alternative zum Stahlbeton darstellen kann.



Arbeitsschwerpunkte zur Erforschung von Carbonbeton
 Key activities for the study of carbon concrete
 Graphic: Daan Peer Schneider

Research on carbon reinforced concrete for a new way of construction design

The construction industry is, from an economic point of view, one of the most important industries of Europe and worldwide, and must, therefore, make a crucial contribution to current social challenges. The construction industry is confronted with the exponential growth of the world population, with rural depopulation, the increased urbanization and the rising need for housing space and infrastructure, the extremely high consumption of resources and energy for the construction of new buildings and the accompanying high emission of carbon dioxide, in addition to the current insufficient service life of buildings. Consequently, a change in the construction industry is necessary which must also take into account the increasing modifications of energy and mobility systems as well as the diffusion of everyday life by digital media.

The project C³, which is funded by the Federal Ministry of Education and Research with 45 million euros in addition to 22.5 million euros company funds, is the first step in this direction. Since the founding of the C³ e.V. (e.V. means registered association) in January 2014, today 135 partners from science and economy are researching into the new and promising building material carbon reinforced concrete. Carbon reinforced components can be more flexible and more filigree than steel reinforced components and have, simultaneously, a longer service life which also saves resources and reduces carbon dioxide emissions. Furthermore, the new building material carbon reinforced concrete offers a number of further functionalities for those components. The carbon reinforcement textiles in the concrete make it possible to heat the façade or store energy, for example.

The specific aim of the C³ project is to establish all conditions to introduce the new material, carbon reinforced concrete, into the market by 2020 and to become a competitive alternative to steel reinforced concrete by 2025.

Everyday research work of the C³ strategy team

The entire research project is being coordinated from Dresden. The strategy team, consisting of employees of the Institute of Concrete Structures, constitutes the strategic working level of the C³ project. This means, the purpose of the team is to work closely with the C³ managing board and the deputies of the project in addition to managing the C³ consortium. The consortium consists of partners from science and various industries such as construction industry, chemical and textile industry as well as mechanical engineering. The strategy team develops the organizational and strategic direction of the project and acts as the liaison body between the C³ managing board, its deputies and all partners. For this task, the team has been deliberately put together interdisciplinary, consisting of civil, industrial and mechanical engineers along with architects, communication experts and regional scientists to meet the different tasks in all fields.

After moving offices to the World Trade Center Dresden (WTC) in April 2015, the strategy team continues its work for the project at Ammonstraße 72. For this purpose, the follow-up project of the strategy project (subproject C3-S2) started on 1st July 2015. The aim of this project is to further guide and assist the partners with the research and development of carbon reinforced concrete. The project comprises all relevant work packages that are necessary for the introduction of carbon reinforced concrete. Accordingly, the project currently works out the strategic concepts for C³ that should be implemented by 2020 along with the innovation management project (subproject C3-I). In preparation, the strategy team has further validated the existing strategy concept and compiled a technical specification for the new C³ design. It is planned to initiate a flagship project as well as to provide a knowledge and technology management which facilitates the transfer of knowledge gathered in the C³ project to all partners. Moreover, the controlling and strategic management concept has been extended. The further development of C³, beyond 2020, has

Im Forschungsalltag des C³-Strategieteams

Das gesamte Großforschungsprojekt wird von Dresden aus koordiniert. Das Strategieteam, bestehend aus Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen des Instituts für Massivbau, stellt die strategische Arbeitsebene des C³-Projekts dar. Insofern besteht die Aufgabe des Teams sowohl in einer engen Zusammenarbeit mit dem C³-Vorstand und den Beigeordneten des C³-Projekts als auch in der Leitung und Steuerung des C³-Konsortiums. Letzteres besteht aus Forschungs- und Wirtschaftspartnern aus unterschiedlichen Wirtschaftsbranchen wie beispielsweise dem Bauwesen, der Chemie- und Textilindustrie sowie dem Maschinenbau. Das Strategieteam erarbeitet und steuert somit an der Schnittstelle zwischen dem C³-Vorstand, den Beigeordneten und dem C³-Konsortium alle organisatorischen und strategischen Überlegungen des C³-Projekts. Für diese Aufgabe wurde das Team daher bewusst interdisziplinär bestehend sowohl aus Bau-, Wirtschafts- und Maschinenbauingenieuren als auch aus Architekten, Kommunikations- und Regionalwissenschaftlern aufgestellt, um dem diversen Aufgabenumfang in allen Bereichen gerecht werden zu können.

Nach dem Umzug des Strategieteams in das Word Trade Center Dresden (WTC) im April dieses Jahres führt das Team die Forschungsorganisation des C³-Projekts in der Ammonstraße 72 fort. Zu diesem Zweck startete am 1. Juli 2015 die Strategiefortschreibung (Teilprojekt C3-S2) mit der Zielstellung, das C³-Konsortium in der Forschung und Entwicklung des Carbonbetons zu lenken. Diese Fortschreibung beinhaltet hierzu alle relevanten Arbeitspakete, die zur schrittweisen Markteinführung von Carbonbeton erforderlich sind. Demgemäß werden in diesem Vorhaben aktuell alle strategischen Konzepte für das C³-Projekt bis zum Jahr 2020 erarbeitet, welche in der Folge mit dem Innovationsmanagementvorhaben (Teilprojekt C3-I) zur Umsetzung kommen. Im Vorfeld hat das Strategieteam hierfür eine umfangreiche Konkretisierung des bestehenden Strategiekonzepts erarbeitet und ein Lastenheft für die neue Art des Bauens erstellt. Auf dessen Agenda steht neben der Initiierung eines Leuchtturmprojekts u. a. die Realisierung eines Wissens- und Technologie-managements, durch welches die Bereitstellung des im C³-Projekt erarbeiteten Wissens den ent-

sprechenden Partnern im Tagesgeschäft ermöglichen soll. Ferner erfolgte eine Fortschreibung des Controlling- und strategischen Managementkonzepts. Des Weiteren wird mit den im Lastenheft definierten Arbeitspaketen auch die Fortführung des C³-Projekts nach dem Jahr 2020 betrachtet. Dafür werden einerseits aktuell externe und interne Einflussgrößen zur besseren Steuerung des C³-Großprojekts durch das Strategieteam erfasst und für eine dauerhafte Anpassung und Validierung der C³-Roadmap herangezogen und bewertet. Erste Einflussgrößen wurden beispielsweise durch Befragungen der Konsortialpartner mittels standardisierter Fragebögen erhoben. Andererseits erarbeitet das Strategieteam dem Lastenheft folgend eine Agenda 2020+, welche die Weiterführung der Entwicklung und Vermarktung von Carbonbeton auch nach dem Jahr 2020 sicherstellen soll.

Weitere Schwerpunkte im Arbeitsalltag des Strategieteams sind zum einen die Koordination aller Partner im C³-Vorhaben und der vier aktuell laufenden Basisvorhaben Bewehrung (B1), Betonmatrix (B2), Sicherheit (B3) sowie Multifunktionalität (B4), welche zusammen 2015 starteten, und zum anderen das Sicherstellen einer zielführenden und umfassenden Kommunikation untereinander. Hierzu werden regelmäßige Projekttreffen organisiert und der Forschungsstand in den einzelnen Projekten evaluiert. Der Anfang erfolgte mit den Auftaktveranstaltungen zu den Basisvorhaben. Hierzu fand beispielsweise im Mai 2015 das Kick-Off-Meeting zum Basisvorhaben B1 (Bewehrung) statt, bei dem die Arbeitsplanung für die nächsten Monate durch und mit den Partnern präsentiert und diskutiert wurde. Das sich anschließende Projekttreffen, bei welchem die erarbeiteten Zwischenergebnisse von B1 durch die Projektpartner präsentiert wurden, kam Ende September zustande. Das Kick-Off-Meeting zu B2 (Betonmatrix) fand bereits im März 2015 statt. B3 (Sicherheit) startete ebenso im ersten Quartal 2015, wohingegen B4 (Multifunktionalität) Mitte des Jahres die Projektarbeit aufnahm. Hierbei war es die Aufgabe des Strategieteams, sich sowohl im Vorfeld in die Organisation der Auftaktveranstaltungen und Folgetreffen einzubringen als auch diesen beizusitzen.

In der laufenden C³-Projektbearbeitung nimmt zudem der Erfahrungsaustausch mit den Strategieteams der weiteren neun Zwanzig20-Konsortien einen hohen Stellenwert ein. Neben C³

been envisioned along with the formulation of particular work packages, as defined in the technical specification. Currently, the strategy team gathers external and internal factors to improve the project's management which are also used and assessed for the permanent adaption and validation of the C³ road map. First, determining factors were collected by a survey of the partners with the help of standardized questionnaires. On the other hand, the strategy team works on an agenda 2020+ which ensures the further development and the marketing of carbon reinforced concrete beyond 2020.



Arbeitstreffen im WTC zur Strategieplanung
Working meeting in the WTC for strategic planning
Photo: Sandra Kranich

Another key aspect of the work of the strategy team is, on the one hand, the coordination of all partners in the project and of all basic projects which are reinforcement (B1), concrete matrix (B2), safety (B3) and multifunctionality (B4) which have started in 2015. On the other hand, the C³ team has to ensure a constructive and comprehensive communication within the consortium. For that matter, project meetings are organized where the current state of research is evaluated. The meetings started with the kick-off meetings of the basic projects. The kick-off meeting of B1 (reinforcement) took place in May 2015 where the partners presented and discussed the work schedule for the next months. In the succeeding project meeting in September the partners presented preliminary results of B1. The kick-off meeting of B2 (concrete matrix) took already place in March 2015. B3 (safety) has also started in the first quarter, whereas B4 (multifunctionality) began its work mid-year. The function of the strategy team was to assist and support the organisation of those meetings and to be present at the meetings.

During the ongoing project management, it is furthermore very important to exchange experiences with the nine other German Twenty20-consortia. The other consortia, also funded by the Federal

Ministry of Education and Research to strengthen and link the regional economic performance in the eastern parts of Germany, are: 3Densation, Additiv-Generative Fertigung, Advanced UV for Life, fast, futureTEX, HYPOS, InfectControl 2020, RESPONSE and smart³. Their first meeting took place on 20th May 2015 in the WTC and was initiated and organized by the C³ team. This meeting gave all participants the possibility to get to know each other and to exchange experiences for the further development of the road maps of each other. It also intensified the mutual collaboration. Another meeting followed on 3rd November 2015 to extend the exchange of experiences. In addition, the strategy team participated in the yearly Cluster-manager meeting in Fulda – a gathering of other clusters of excellence that have been promoted by the Federal Ministry of Education and Research.

In addition to the strategic work, the strategy team may also be measured on the basis of the results of the innovation-management project which launched on 1st September 2015. This project implements the concepts developed in the strategy project C3-S2. First successful milestones were achieved with a standardized communication concept and the identification of interdisciplinary innovations, as well as the fields of application for carbon reinforced concrete and

sind *3Dsensation*, *Additiv-Generative Fertigung*, *Advanced UV for Life, fast, futureTEX*, *HYPOS*, *InfectControl 2020*, *RESPONSE* und *smart³* weitere vom BMBF geförderte Konsortien zur Stärkung und Vernetzung der regionalen Wirtschaftsleistung in den neuen Ländern. Am 20. Mai 2015 fand hierzu im WTC das initiale Treffen der Strategieteams statt, zu welchem das C³-Strategieteam als Gastgeber und Organisator eingeladen hatte. Auf der Tagesordnung standen das gegenseitige Kennenlernen und der Erfahrungsaustausch zur weiterführenden Entwicklung der jeweiligen Konsortial-Roadmaps. In diesem Kreis wurde auch eine weitere und engere Zusammenarbeit vertieft und ausgebaut. Das Folgetreffen für einen ausgedehnten Erfahrungsaustausch fand bereits am 3. November statt. Darüber hinaus hat das Strategieteam zur besseren Vernetzung und zum Erfahrungsaustausch in Fulda am jährlichen Clustermanager-Treffen der vom BMBF ausgezeichneten Spitzencluster teilgenommen.

Neben der strategischen Arbeit kann sich das Strategieteam auch anhand der Resultate des am 1. September 2015 gestarteten Innovationsmanagementvorhabens messen lassen. Mit diesem Vorhaben werden die im Strategieprojekt

C3-S2 erarbeiteten Strategiekonzepte umgesetzt. Hierzu wurden sowohl erfolgreich erste Meilensteine für ein einheitliches Kommunikationskonzept und zur Identifizierung von fachübergreifenden Innovationen sowie Einsatzgebieten von Carbonbeton als auch zur weiteren Vernetzung der Konsortialpartner erreicht. Hinsichtlich des Kommunikationskonzepts kam es beispielsweise zu einer Sondierung von möglichen Chancen in der unternehmensübergreifenden Zusammenarbeit. In Bezug auf innovative Einsatzgebiete von Carbonbeton werden derzeit u. a. der Bereich der Bauwerksverstärkung fokussiert und erste Ansätze zur Speicherung von Elektrizität im Carbonbeton diskutiert. Hierzu fanden im Herbst 2015 gleich mehrere Workshops statt. Den Anfang machte ein ganztägiger Vernetzungsworkshop, in welchem die aktuellen Ergebnisse und erreichten Meilensteine der vier Basisvorhaben präsentiert und auch weitere Vereinbarungen zwischen den beteiligten Partnern für den Projektabschluss festgelegt wurden. Außerdem wurde ein Workshop mit in der Öffentlichkeitsarbeit und dem Marketing tätigen Vertretern aus Unternehmen des C³-Konsortiums organisiert. Ziel war die Erarbeitung einer gemeinsamen Kommunikationsstrategie. Im Ergebnis des Kommunikations-



Vernetzungsworkshop der C³-Partner der Basisvorhaben B1 bis B4 am Fraunhofer MOEZ in Leipzig
Networking workshop C³ partners based projects B1 to B4 at the Fraunhofer MOEZ in Leipzig
 Photo: Daan Peer Schneider

with the further networking of the partners. The communication concept, for example, plans to strengthen the cooperation between different companies. With regard to innovative fields of application of carbon reinforced concrete, the current focus lies on the reinforcement of constructions, and there are first approaches for the storage of electricity within carbon reinforced concrete.



Those topics were already discussed in several workshops in autumn 2015. The first one was a daylong networking-workshop in which the basic projects presented their current results and achieved milestones. Further agreements between the partners were made regarding the completion of the projects. Moreover, a communication workshop was organized with representatives from C³ partners working in public relation and marketing. The aim of this workshop was to work out a joint communication concept. At the end of the workshop, the participants defined precise measures that can lead to a common communication strategy. Thus, first approaches of this strategy are available for the consortium. The workshop "C³ meets smart³" developed seminal ideas for the application of intelligent basic materials in the building industry. There are five topics precisely which are currently being worked out for submission of a joint research application.

Beyond that, the strategy team also attended the workshop "Building after 2030", organized by the city of Dresden, to discuss the challenges of future sustainable building and living with a broad public. The results of the workshop are integrated into the C³ project and ongoing tasks. Other relevant gatherings with the aim to network and to transfer knowledge were the workshop "C³ meets FutureTex" and the participation at the 5th Symposium Carbon Composites. Continuing tasks of the strategy team are the conduction of a study to determine the communication behaviour

Impression beim Arbeitstreffen der Strategieteams der zehn Zwanzig20-Projektconsortien im Dresdner WTC

Impression of the working meeting of the strategy team of the ten Zwanzig20 project consortia in Dresden's WTC Photo: Jörg Singer

within the building industry and the developing of a data base for material coefficients.

The C³ association grows

The C³ association was founded with 40 members coming from companies, research institutions and other associations and organizations. After a successful year of cooperation, the number of members rose to 109 in the first quarter of 2015. Since October 2015, 134 members from diverse economic industries and scientific fields are developing and researching the new material carbon reinforced concrete to successfully transfer it to the market by 2020. The following chapter gives an overview of the basic projects.

First results of the basic projects

At present, the basic projects B1 to B4 are being implemented. Those projects are launching the C³ project, and they will establish and deepen the groundwork for a new construction design. The projects have already achieved first milestones that serve as the basis for the long-term establishment of a C³ design. The following chapter outlines the basic projects.

The partners of the **basic project B1 – Coatings and reinforcement structures for carbon**

workshops haben die Teilnehmer Maßnahmen konkretisiert, die zu einer einheitlichen Kommunikationsstrategie führen können. Somit stehen erste Ansätze dieser Strategie dem Konsortium zur Verfügung. Im Workshop *C³ trifft smart³* wurden wegweisende Ideen für die Anwendung intelligenter Werkstoffe im Bauwesen entwickelt. Konkret konnten fünf bedeutende Themenfelder abgeleitet werden, welche sich gegenwärtig in der Ausarbeitung für eine gemeinsame Forschungsantragstellung befinden.

Darüber hinaus nahm das Strategieteam am Workshop Bauen nach 2030 der Stadt Dresden teil, um mit einem breiten, öffentlichen Publikum die Herausforderungen eines zukünftig nachhaltigen Bauens und Wohnens zu diskutieren. Die Ergebnisse dieses Workshops fließen in das laufende Tagesgeschäft und das C³-Projekt ein. Weitere Veranstaltungen mit dem Ziel der Vernetzung und des Wissenstransfers sowie des Erfahrungsaustausches waren der Workshop *C³ trifft FutureTex-STFI* sowie die Teilnahme an der *5. Fachtagung Carbon Composites*. Zu den fortführenden Arbeiten des Strategieteam gehören ferner die Erstellung einer Studie zur Eruiierung des Kommunikationsverhaltens in der Bauwirtschaft sowie das Aufsetzen einer Datenbank für Materialkennwerte.

Der Verein wächst

In der Gründungsphase des C³-Vereins belief sich die Anzahl der Mitglieder auf 40 Unternehmen, Forschungseinrichtungen, Verbände und Vereine. Nach nur einem Jahr erfolgreicher Zusammenarbeit war die Mitgliederzahl im ersten Quartal 2015 bereits auf 109 Part-

ner angestiegen. Seit Oktober 2015 forscht und entwickelt nun eine vielfältige Partnerschaft von derzeit 134 Mitgliedern aus unterschiedlichen Wirtschafts- und Wissenschaftsbereichen, um den neuen Baustoff Carbonbeton erfolgreich bis 2020 in den Markt zu überführen.

Erste Ergebnisse aus den Basisvorhaben

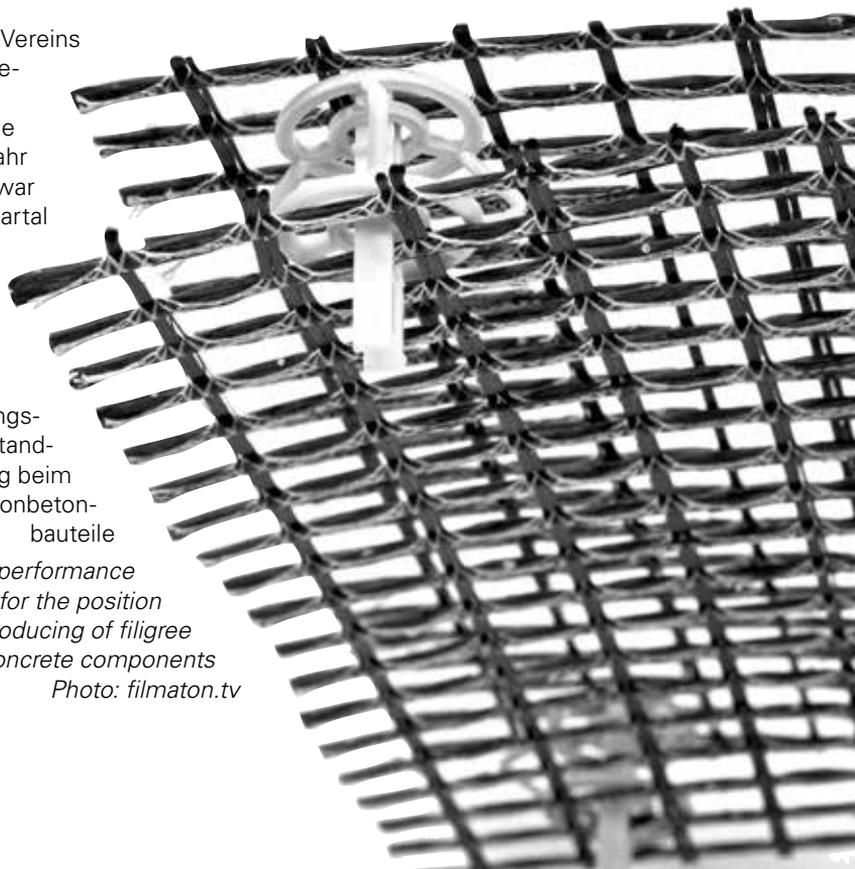
Umgesetzt werden aktuell die bereits genannten Basisvorhaben B1 bis B4, die in der vom Strategieteam aufgestellten C³-Roadmap den Projektaufakt zu C³ darstellen und in denen die Grundlagen für die neue Art des Bauens gelegt und vertieft werden. In den Vorhaben wurden auf Projekt- und Partnerebene mittlerweile erste entscheidende Meilensteine erreicht, welche nun die Basis zur langfristigen Etablierung der Carbonbetonbauweise bilden. Diese Basisvorhaben sollen daher im Folgenden in ihren Grundzügen kurz vorgestellt werden.

Die Partner im **Basisvorhaben B1 – Stäbe und Bewehrungsstrukturen für den Carbonbetonbau** – sind an der Entwicklung von dauerhaften und temperaturbeständigen textilen Bewehrungen und Stäben aus Carbon beteiligt. Im Vorhaben, welches von Prof. Chokri Cherif, Direktor des Instituts für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik (ITM) der TU

Gelege aus Hochleistungs-carbontextilien mit Abstandhaltern für die Lagesicherung beim Herstellen filigraner Carbonbetonbauteile

Textile fabrics made of high performance carbon fibres with spacers for the position securing while producing of filigree carbon concrete components

Photo: filmaton.tv



concrete constructions – are involved in the development of durable and heat-resistant textile reinforcement and bars made of carbon. The project is headed by Prof. Chokri Cherif, director of the Institute of Textile Machinery and High Performance Material Technology at the Technische Universität Dresden, and has 18 partners. B1 researches and evaluates specific properties of textile reinforced components. This includes both the interactions of the textile components and the relation between fibre type, sizing and coating systems. This project also works closely with the basic project B2 for analysing and evaluating concrete mixtures. The crucial factor is, for example, the mechanical efficiency of carbon fibres. To use this efficiency according to the standards in the construction industry, it is fundamental that carbon reinforced concrete holds sufficient fibre-fibre and fibre-concrete bond properties. Accordingly, B1 develops suitable coatings as well as different surface structures. At present, there are 47 sizing-coating variations on trial, and those that hold the required material properties, such as resistance at 100 °C, are being gradually selected. In addition, B1 determines the requirements for textile structures with regard to folding number and grid-spacing. An environmental evaluation is part of the project as well. In the next months, the development of production processes of reinforcing bars will be particularly spurred.



The **basic project B2 – Basic concepts for sustainable binders and concretes for the future** – compiles not only requirements for binders and concretes, but also develops formulas for hydraulically hardening mineral matrices for carbon reinforced concrete. The project is headed by Prof. Viktor Mechtcherine, director of the Institute of Construction Materials at the Technische Universität Dresden, and has 20 partners. New binders and concretes optimise the bond to the reinforcement, and improve therefore the utilization, which additionally increases the service life of carbon reinforced concrete. This also includes an adjustment of previously conventional storing, batching and mixing techniques as well as extracting and coating technologies. In addition, testing techniques and criterion are being adapted to the main characteristics of these modified concretes. Furthermore, first suggestions for recycling technologies are being discussed. Current formulas produce normal or high-strength concretes suitable for the application of load-bearing components. Variations are being developed depending on the application technique. Analogous to the reinforcement, the ecological balance will be determined for binders and concretes too. Further steps are the evaluation of the durability, the processing, the availability of the material and the potential to save carbon dioxide.

The **construction principles, safety and design concepts**, as well as **standardized test methods** for carbon reinforced concrete are the main focus of the **basic project B3**. The project is headed by Prof. Manfred Curbach, director of the Institute of Concrete Structures at the Technische Universität Dresden, and has 13 partners. With the help of market surveys, fields of application for carbon reinforced concrete are identified and corresponding construction principles are defined. The development of adequate safety and design concepts enables the implementation of novel construction principles. Moreover, the project has the goal to compile a catalogue of standardized design and test methods for the calculation of the material and load-bearing capacity of carbon reinforced concrete under predominantly static and not predominantly static loads. At the same time, a technical information system will be developed to ensure the spreading, utilization and systematic application of the gained knowledge. In terms of a possible application, a market survey has been carried out in which 50 experts were interviewed on their preferential application of

Dresden, geleitet wird, arbeiten insgesamt 18 Partner zusammen. Im Vorhaben B1 werden die spezifischen Eigenschaften der Textilbetonkomponenten erforscht und bewertet. Im Forschungsalltag schließt das sowohl die Wechselwirkungen der Textilkomponenten als auch die Zusammenhänge zwischen Fasertyp, Schlichte- und Beschichtungssystem ein. Außerdem wird eng mit dem Basisvorhaben B2 zur Analyse und Bewertung von Betonrezepturen zusammengearbeitet. Entscheidend ist hierbei beispielsweise das mechanische Leistungsvermögen der Carbonfasern. Damit dieses den Anforderungen im Bauwesen entsprechend genutzt werden kann, ist es entscheidend, dass Carbonbeton hinreichende Faser-Faser- und Faser-Beton-Verbundeigenschaften aufweist. Dementsprechend werden in B1 geeignete Beschichtungen sowie verschiedene Oberflächenstrukturen entwickelt. Gegenwärtig stehen 47 Schlichte-Beschichtungs-Variationen auf dem Prüfstand. Daraus werden nun schrittweise jene ausgewählt, die die geforderten Materialeigenschaften wie zum Beispiel Beständigkeit bei 100 °C aufweisen. Außerdem erfolgte die Festlegung der Anforderungen an die textilen Strukturen im Hinblick auf Fachung und Rasterabstand. Eine ökologische Bewertung ist ebenfalls Projektbestandteil. In den kommenden

Monaten sollen vor allem Entwicklungen zu Fertigungsverfahren von Bewehrungsstäben weiter vorangetrieben werden.

Im **Basisvorhaben B2 – Basiskonzept für nachhaltige Bindemittel und Betone der Zukunft** – werden sowohl Anforderungsprofile an Bindemittel und Betone zusammengestellt sowie Rezepturen für hydraulisch erhärtende mineralische Matrices für Carbonbeton entwickelt. Im von Prof. Viktor Mechtcherine, Direktor des Instituts für Baustoffe an der Technischen Universität Dresden, geleiteten Vorhaben arbeiten insgesamt 20 Partner zusammen. Durch neue Bindemittel und Betone wird der Verbund zur Bewehrung und damit deren Ausnutzung optimiert und die Lebensdauer von Carbonbeton erhöht. Hierbei scheint eine Anpassung sowohl der bisher üblichen Lager-, Dosier- und Mischtechniken als auch der Förder- und Auftragstechnologien erforderlich zu sein. Zudem werden Prüftechniken und Prüfkriterien auf die Kerneigenschaften dieser modifizierten Betone abgestimmt. Auch werden mit diesem Vorhaben erste Vorschläge zu Recyclingtechnologien diskutiert. Aktuelle Rezepturen ergeben Betone im normal- und im hochfesten Bereich, die für die Anwendung tragender Bauteile geeignet sind. Variationen werden zudem in Abhängigkeit der Auftragstechnik entwickelt. Analog zu den Bewehrungen erfolgt auch bei den Bindemitteln und Betonen die Aufstellung entsprechender Ökobilanzen. Weitere Schritte beziehen sich auf die Bewertung der Dauerhaftigkeit, die Verarbeitbarkeit, die Materialverfügbarkeit und das Einsparpotenzial von CO₂.



Prüfanlage im Otto-Mohr-Laboratorium der TU Dresden

*Test facility in the Otto Mohr Laboratory
at the TU Dresden Photo: Sandra Kranich*

Die **Konstruktion, Bemessung und Prüfung für Carbonbeton** wird im **Basisvorhaben B3** erforscht. Im Vorhaben, welches von Prof. Manfred Curbach, Direktor des Instituts für Massivbau der TU Dresden, geleitet wird, arbeiten insgesamt 13 Partner zusammen. Anhand von Marktstudien werden Anwendungsbereiche für Carbonbeton identifiziert und entsprechende Konstruktionsgrundsätze abgeleitet. Dabei ermöglicht die Entwicklung adäquater Bemessungs- und Sicherheitskonzepte die Umsetzung neuartiger Konstruktionsprinzipien. Ferner ist das Ziel des Vorhabens, einen Katalog



Recycelter
Carbonbeton

Recycled carbon concrete

Photo: filmaton.tv

carbon reinforced concrete. For the determination of construction principles, existing approaches as used in the CFK-technology were analysed and it was tested whether they are transferable to carbon reinforced concrete. Moreover, various testing methods for bars and textiles are currently investigated to derive standardized test methods for carbon reinforced concrete.

The **basic project B4 – Multifunctional components** – comprises nine subprojects which, by means of different applications, have a closer look at, for example, building integrated photovoltaics (GIPV), LED technology or configuration of carbon reinforced components. The project is headed by Prof. Frank Hülsmeier, head of the Architecture Institute Leipzig (ai:L), Institute for Advanced Architectural and Urban Studies at the Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig (HTWK Leipzig), and has 20 partners. Carbon possesses properties which make it possible to integrate electrical and digital functions into the carbon reinforcement structure and the concrete matrix that previously needed to be displayed in separate technical systems. The following topics are included: monitoring the building envelope by using sensor technology, production of energy by using

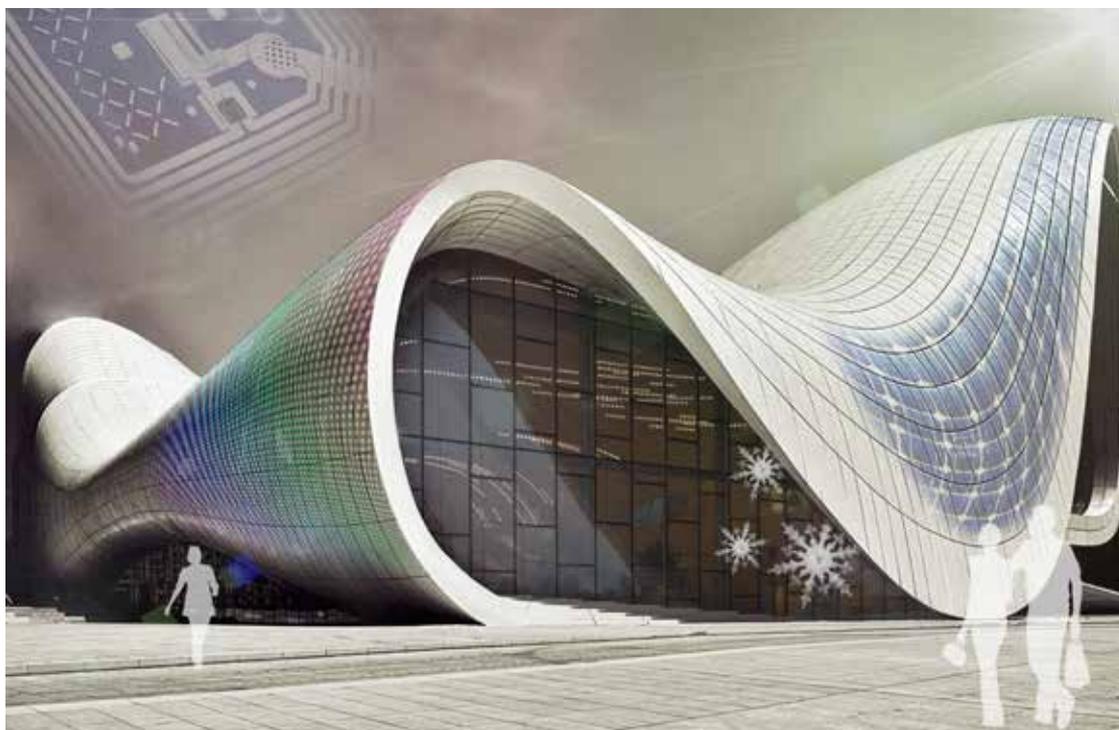
integrated photovoltaic cells, façade and ambient lighting using LED technology, the use of daylight by using light-conductive fibres, the integration of energy storage and the use of latent heat storage and cooling systems in the building envelope. In the course of the project, various workshops have been carried out. For the work package GIPV, a catalogue and a corresponding requirement profile have been generated. The same has been carried out for the work package supercapacitors. First approaches regarding conductivity and the according specific integration into the material are also available. The fields of application include, among others, the emergency lightning, the media façades as well as the guidance system inside a building. One main challenge is the currently low service life of LED technology. The sub-project sensor systems, for example, determined the status quo for building-physics quantities. In work package 3, namely linking, a catalogue of requirements for electrical function integration has been developed.

Apart from the basic projects B1 to B4, the strategy team also initiates further projects along the C³ road map until 2020. These are, for example, the projects V2.1 and V4 which were evaluated by the

standardisierter Mess- und Prüfmethode zur Material- und Tragfähigkeitsbeurteilung von Carbonbeton unter vorwiegend ruhenden und nicht vorwiegend ruhenden Belastungen aufzustellen. Das hierbei zu entwickelnde technische Informationssystem sichert die Verbreitung, Verwertung und Nutzung der gewonnenen Erkenntnisse ab. Im Hinblick auf mögliche Anwendungen ist eine Marktstudie durchgeführt worden, in welcher ca. 50 ExpertInnen zu Vorzugsanwendungen von Carbonbeton befragt wurden. Für die Festlegung von Konstruktionsgrundsätzen wurden u. a. bestehende Ansätze aus dem Bereich der CFK-Technologie analysiert und hinsichtlich einer Übertragbarkeit auf Carbonbeton geprüft. Außerdem werden aktuell verschiedene Prüfmethode für Stäbe und Textilien eruiert, sodass in Kürze diverse Standardtestverfahren für Carbonbeton abgeleitet werden können.

Das **Basisvorhaben B4 – Multifunktionale Bauteile** – besteht aus neun Teilvorhaben, die am Beispiel von unterschiedlichen Anwendun-

gen, wie beispielsweise der gebäudeintegrierten Photovoltaik (GIPV) und der LED-Technologie, Konfigurationen von carbonbewehrten Bauteilen grundlegend neu betrachten. Im von Prof. Frank Hülsmeier, Leiter des Architekturinstitutes Leipzig (ai:L) der Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig (HTWK Leipzig), geführten Vorhabens sind insgesamt 20 Partner tätig. Carbon verfügt über Eigenschaften, die es ermöglichen, elektrische und digitale Funktionen, die bisher in separaten, technischen Systemen abgebildet wurden, in die Carbon-Bewehrungsstruktur und die Betonmatrix zu integrieren. Aufgegriffen werden sowohl Themen wie das Monitoring der Gebäudehülle mittels Sensortechnologie, die Energiegewinnung durch integrierte Solarzellen, die Fassaden- und Raumbelichtung mittels LED-Technik, die Tageslichtnutzung durch lichtleitende Fasern, die Integration von Energiespeichern als auch die Nutzung von Latentwärmespeichern und Kühlungssystemen in der Gebäudehülle. Im aktuellen Projektverlauf kam es zur Durchführung verschiedener Ideenworkshops. Für das



Eine neue Art des Bauens – Studie zu filigranen, urbanen Bauwerken aus Carbonbeton mit einer multifunktionalen Fassade, die beispielsweise die Energieproduktion übernimmt.

A new way of building – study on filigree, urban structures made of carbon concrete with a multi-functional façade that assumes, for example, the production of energy.

Graphic: ai:L HTWK Leipzig

strategy team, then examined and chosen by the C³ managing board and are now passed on to the advisory board for approval. The V2.1 projects deal with innovative research topics that are currently far from the market. Those projects are supposed to work out specific applications for carbon reinforced concrete in the field of basic research whereas the V4 projects focus on applications of carbon reinforced concrete which are close to the market. To increase the innovative ability of carbon reinforced concrete the C³ partners had the chance to submit ideas for the V2.1 projects which are far from the market. With the invitation of tenders for the V4 projects, on the other hand, the partners were invited to draft and submit development and research activities which are close to the market.

The C³ project in public – an excerpt

The public relations of the C³ project communicates not only current regional but also national upcoming project dates and events, achieved milestones, visible successes like awards and much more. Accordingly, public relation plays an important role to introduce carbon reinforced concrete onto the market by 2020. One high-publicity event for the C³ project took place on 4th May 2015 with the **open-air exhibition "Zukunftsmacher"** at the Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (IWU) in Dresden. Five Saxon consortia presented their project to the Prime Minister of Saxony Stanislaw Tillich and the broad public. The C³ project is one of ten consortia, five consortia from Saxony and five consortia from other Eastern parts of Germany, which are funded by the Federal Ministry of Education and Research – "Innovationsinitiative Neue Länder – Unternehmen Region". The head of the C³ managing board, Manfred Curbach, answered the thorough questions of Saxons



Dreharbeiten zum arte-Beitrag des Wissensmagazins X:enius mit dem Titel Textilien – Werkstoff der Zukunft im Otto-Mohr-Laboratorium.

Shooting for the arte-contribution of the popular knowledge magazine X:enius entitled Textiles – material of the future in the Otto Mohr Laboratory. Photo: Sabine Wellner

Prime Minister. Prof. Curbach had a very constructive conversation with the Prime Minister in which he pointed out the advantages of the new C³ design with carbon reinforced concrete and illustrated the socially relevant key aspects of the new material like longevity, flexibility and the saving of resources. The Saxon State Ministry of Science and Art also promoted a stand where the strategy team discussed with the public and gave more information about the C³ project and the current state of research.

On 2nd July 2015, the best Saxon ideas and the most successful innovations were presented at the **futureSAX innovation conference** at the Dresden Airport. The strategy team also participated at this conference with the slogan "innovation needs partners". The outcome of this conference was various talks and discussions and an exchange of experiences with founders, employers, investors and scientists. The main emphasis of the bilateral discussions was how to implement sustainable innovations which are also close to the market.

Regional, as well as national media, show an increased interest for the new design with carbon reinforced concrete and the C³ project.

Arbeitspaket zur GIPV sind beispielsweise ein Katalog und ein entsprechendes Anforderungsprofil erstellt worden. Gleiches wurde für das Arbeitspaket Superkondensatoren realisiert. Erste Ansätze zur Leitfähigkeit und jeweils spezifischen Integration in den Baustoff liegen ebenfalls vor. Zu den Anwendungsfeldern zählen u. a. die Notfallbeleuchtung und die Medienfassade sowie die Wegweisung im Gebäude. Eine Herausforderung stellt derzeit noch die aktuell geringe Lebensdauer der LED-Technik dar. Im Arbeitspaket Sensorik wurde beispielsweise der Status quo für bauphysikalische Größen ermittelt. Im Arbeitspaket 3, der Verlinkung, ist u. a. ein Anforderungskatalog für die elektrische Funktionsintegration erstellt worden.

Neben den Basisvorhaben B1 bis B4 hat das Strategieteam auch an der Initiierung weiterer Vorhaben der C³-Roadmap bis 2020 gearbeitet. Das sind beispielsweise die Vorhaben V2.I und V4, die sich in der Evaluation des Strategieteam befanden und nach der Prüfung und Auswahl durch den C³-Vorstand an den Beirat zur Bewilligungsfindung weitergegeben wurden. Die V2.I-Vorhaben beschäftigen sich dabei mit sehr innovativen und aktuell noch marktferneren Forschungsthemen. Mit diesen sollen spezifische Anwendungen für den Carbonbeton im Bereich der Grundlagenforschung erarbeitet werden, wohingegen die V4-Vorhaben sehr marktnahe Anwendungen von Carbonbeton fokussieren sollten. Damit die Innovationsfähigkeit im Bereich Carbonbeton nun erhöht wird, hatten die Partner des Konsortiums in diesem Jahr die Möglichkeit, eher marktferne Ideen für den Bereich der V2.I-Ausschreibung einzureichen. Demgegenüber wurde das Konsortium mit der Ausschreibung zu V4-Vorhaben aufgefordert, eine gewünschte marktnahe Forschungs- und Entwicklungsleistung zu skizzieren und als Antrag einzusenden.

Das C³-Projekt in der Öffentlichkeit – ein Auszug

Die Öffentlichkeitsarbeit des C³-Projekts kommuniziert sowohl regional als auch national aktuelle und anstehende Projekttermine und -events, erreichte Meilensteine, außenwirksame Erfolge – wie verliehene Preise – und vieles mehr. Dementsprechend leistet dieser Teil des C³-Projekts auch einen entscheidenden Beitrag auf dem Weg der Markteinführung des Carbonbetons bis zum Jahr 2020. Öffentlichkeitswirksame Resonanz

erfuhr das C³-Projekt etwa am 4. Mai 2015 bei der **Open-Air-Ausstellung Zukunftsmacher** am Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (IWU) in Dresden. Hier präsentierten sich die fünf sächsischen Konsortien dem Ministerpräsidenten des Landes Sachsen, Stanislaw Tillich, und der breiten Öffentlichkeit. Das C³-Projekt ist eines der zehn Konsortien und wird, wie bereits betont, mit vier sächsischen und fünf weiteren ostdeutschen Konsortien im Rahmen der BMBF-Innovationsinitiative Neue Länder – Unternehmen Region gefördert. Der C³-Vereinsvorstandsvorsitzende Manfred Curbach stellte sich dabei den interessierten Fragen des Ministerpräsidenten. In einem konstruktiven Gespräch ging Prof. Curbach u. a. auf die Vorteile der neuen Art des Bauens mit Carbonbeton ein und thematisierte gesellschaftlich wichtige Kernaspekte wie Langlebigkeit, Flexibilität und Ressourcenschonung. Im Nachgang diskutierte auch das Strategieteam an dem durch das sächsische Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst (SMWK) geförderten Messestand mit der Öffentlichkeit und informierte diese über die Inhalte und den Forschungsstand des C³-Projekts.

Am 2. Juli 2015 standen die besten sächsischen Ideen und erfolgreichsten Innovationen im Mittelpunkt der **futureSAX-Innovationskonferenz** am Flughafen in Dresden. Auch an dieser Veranstaltung hat sich das Strategieteam unter dem Motto des Veranstalters „Innovationen brauchen Partner“ beteiligt. Im Ergebnis kam es zu vielfältigen Gesprächen und einem Erfahrungsaustausch mit GründerInnen, UnternehmerInnen, InvestorInnen und WissenschaftlerInnen. Ein Schwerpunkt der vielen bilateralen Diskussionen lag auf der Fragestellung, wie eine nachhaltige und marktnahe Umsetzung von Innovationen realisiert werden kann.

Die neue Bauweise mit Carbonbeton und damit das C³-Projekt erfreuen sich aktuell sowohl in der regionalen als auch der nationalen Medienlandschaft eines zunehmenden Interesses. Im Jahre 2015 standen zahlreiche Fernseh- und Rundfunkbeiträge auf der Agenda der Öffentlichkeitsarbeit des Strategieteam. Neben Beiträgen wie „Zukunftsmacher“, „Carbonbeton statt Stahlbeton“, „Revolution auf Abstand“ und „Make a building“ bei DRESDENEINS, MDR Sachsen Spiegel, Deutschlandfunk und MDR Info wurde auch der arte-Beitrag des Wissensmagazins X:enius mit dem Titel „Textilien – Werkstoff

In 2015 numerous TV and radio reports were broadcasted. DRESDE-NEINS, MDR Sachsen-spiegel, Deutschland-funk and MDR Info presented reports like: „Zukunftsmacher“, „Carbonbeton statt Stahlbeton“ (carbon reinforced concrete instead of steel reinforced concrete), „Revolution auf Abstand“ (revolution with spacers) and „Make a building“. In addition arte broadcasted a report on „Textilien – Werkstoff der Zukunft“ (Textiles – the material of the future) in their programme X:enius.

The shooting for arte took place in March 2015 with two partners – the Institute of Textile Machinery and High Performance Material Technology and the Otto-Mohr-Laboratorium of the Institute of Concrete Structures, both at the Technische Universität Dresden. During the 26 minutes long TV-report, different scientists and partners of the C³ consortium answered questions like: What is carbon reinforced concrete? How is carbon reinforced concrete produced? Which prospects does the new composite have?

In 2015, the C³ project was awarded with the German Sustainability Award Research. The research award was initiated by the Federal Ministry of Education and Research and was dedicated to the science year 2015 – City of the future – and focused on research for a sustainable development in urban communities. With this award, the C³ project sets an example for a sustainable and resource-efficient construction design. Not only had the jury realised the potential of the new building material carbon reinforced concrete by choosing C³ from 87 candidates for the final voting, but also the online public who voted for a flexible, resource efficient and durable solution by building with carbon reinforced concrete.



Bei der Open-Air-Ausstellung „Zukunftsmacher“ erläutert Manfred Curbach dem sächsischen Ministerpräsidenten Stanislaw Tillich und Ministerialrat Hans-Peter Hiepe vom BMBF die Vorteile des Carbonbetons

At the open-air exhibition „Zukunftsmacher“ (future makers) Manfred Curbach explained the Prime Minister of Saxony Stanislaw Tillich and Ministerialrat Hans-Peter Hiepe by the BMBF the benefits of carbon concrete Photo: Ulrich van Stipriaan

Main direction for C³ after the general assembly

On 7th July 2015, the 2nd regular meeting of the C³ members took place at the Hotel Elbflorenz in Dresden. On the agenda of the meeting were the annual report and the financial report. The meeting also presented the strategy team and their tasks in the C³ project. 77 of 129 members were present. They closely followed the explanation of the strategy and the next working steps of the C³ project. The presentation of the collaborative projects V1 and V4 and their integration into the overall concept of the C³ project as well as the current status of the submitted projects was met with particular interest. The detailed status of the ongoing basic projects were given by each head of the project to communicate the progress to all partners. The members also approved and finalised the financial budget, the report of the auditors, the apportionment and the amount of the membership fee. Furthermore, the managing board was exonerated of their responsibilities for the financial year ending 31.12.2014, the annual accounts were resolved

der Zukunft“ ausgestrahlt. Die Dreharbeiten zu Letzterem fanden im März 2015 bei zwei C³-Partnern – dem Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik sowie im Otto-Mohr-Laboratorium der TU Dresden – statt. Im 26-minütigen Beitrag stellten sich verschiedene Wissenschaftler und Praktiker aus dem C³-Konsortium u. a. Fragen zum Thema: Was ist Carbonbeton? Wie wird er hergestellt? Welche Möglichkeiten eröffnet der Verbundstoff?

Im November wurde das C³-Projekt mit dem Deutschen Nachhaltigkeitspreis Forschung ausgezeichnet. Der Forschungspreis, der vom Bundesministerium für Bildung und Forschung initiiert wurde, stand im Zeichen des Wissenschaftsjahres 2015 – Zukunftsstadt – und fokussierte Forschung für die nachhaltige Entwicklung im kommunalen Raum. Das C³-Projekt setzte damit ein nachhaltiges Zeichen für eine ressourcenschonende Bauweise. Nicht nur die Jury hat das Potenzial des Baustoffes Carbonbeton erkannt, indem sie aus 87 Bewerbungen u. a. das C³-Projekt für die finale Abstimmung ausgesucht hat, sondern auch das Online-Publikum sah die Lösung für ein flexibles, ressourcenschonendes und langlebiges Bauen in dem mit Carbonfasern bewehrten Beton.



Manfred Curbach (r.) und Frank Schladitz mit dem Deutschen Nachhaltigkeitspreis

Manfred Curbach (right) and Frank Schladitz with the German Sustainability Award

Photo: Ulrich van Stipriaan

Wichtige C³-Weichenstellung bei Mitgliederversammlung

Am 7. Juli 2015 fand die 2. ordentliche Mitgliederversammlung des C³ e.V. im Hotel Elbflorenz in Dresden statt. Auf der Tagesordnung standen mit dem Jahresbericht ein Rückblick und mit der Darlegung des Finanzplans ein Ausblick. Dementsprechend kam es in dieser Mitgliederversammlung u. a. zur Vorstellung der Arbeiten des Strategieteams des C³-Projekts. Es waren 77 der bis dato 129 Mitglieder anwesend. Sie folgten aufmerksam den Erläuterungen zur Strategie und der sich daraus ableitenden nächsten Arbeitsschritte für C³. Auf besonderes Interesse stießen die Vorstellungen der Verbundvorhaben der Stufen V1 und V4 und deren Einordnung in das Gesamtkonzept des C³-Projekts sowie der Stand der jeweiligen Antragstellung. Über die bereits laufenden Basisvorhaben gaben die jeweiligen Vorhabenleiter bzw. deren Vertreter einen detaillierten Statusbericht zur Kenntnis der anwesenden C³-Partner. Bestätigt und beschlossen wurden nach dem Bericht über die Tätigkeit des Strategieteams und des Vereins der Finanzplan, der Jahresabschluss, der Bericht des Rechnungsprüfers, die Umlage sowie die Höhe des Mitgliedsbeitrages. Des Weiteren wurde die Entlastung des Vorstands sowie der Jahresabschluss beschlossen, der Geschäftsbericht des Vorstands entgegengenommen, über die Beitragshöhe entschieden sowie über den Stand der Vereinsarbeit beraten.

Mit der Mitgliederversammlung wurde auch ein Wechsel im Vorstand bekannt gegeben. Die Nachfolge von Frank Hülsmeier trat Udo Wiens an. Udo Wiens ist Geschäftsführer des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb). Mit Textilbeton kam er als Leiter der Arbeitsgruppe „Bindemittel und Beton“ im Institut für Bauforschung der RWTH Aachen (ibac) zum ersten Mal in Berührung. Ein Schwerpunkt des damaligen Untersuchungsprogrammes am ibac lag auf der Entwicklung alkaliarmer, zementgebundener Bindemittel für Textilien aus AR-Glasfasern. Neben seiner fachlichen Kompetenz bringt Udo Wiens umfassende Erfahrungen bei der Antragstellung und Koordinierung von BMBF-Verbundforschungsvorhaben mit. Dementsprechend ist er für den Vorstand und das C³-Projekt insgesamt eine große Bereicherung.

Daan Peer Schneider

and the annual report of the managing board was accepted.

With the general meeting of the C³ members, a change in the managing board was announced. Udo Wiens succeeded Frank Hülsmeier. Udo Wiens is the executive director of the German Committee for Structural Concrete. Mr. Wiens first encountered textile reinforced concrete as head of the working group „binders and concrete“ at the Institute of Building Materials Research of Aachen University. One focus of his former studies was the development of low alkali cementitious binders for textiles made of AR glass fibres. In addition to his expertise, Udo Wiens also has extensive experience with the application procedure and the coordination of joint research projects of the Federal Ministry of Education and



2. ordentliche Mitgliederversammlung im WTC in Dresden
2nd general assembly at the Dresden WTC Photo: Sylke Scholz

Research. Thus, Mr. Wiens is a valuable addition to the C³ project and the C³ managing board.

Author: Daan Peer Schneider
Translation: Dajana Musiol

Titel | Title

Koordinierung und Strategiefortschreibung innerhalb des Großprojekts C³ – Carbon Concrete Composite | Coordination and strategy follow-up project within the major project C³ – Carbon Concrete Composite

Förderer | Funding

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF); Projektträger: PT Jülich

Zeitraum | Period

C³: 09.2013 – 2020

C3-S1: 01.2014 – 06.2015

C3-S2: 06.2015 – 12.2019

Leiter | Project Manager

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

Bearbeiter | Contributors

Dr.-Ing. Frank Schladitz, Sandra Kranich M.A., Dr.-Ing. Matthias Lieboldt, Dajana Musiol M.A., Dipl.-Sprachmittlerin Angela Reute, Dipl.-Ing. Dominik Schlüter, Dipl.-Ing. (BA) Daan Peer Schneider M.A., Jana Strauch, Dipl.-Wirtsch.-Ing. (FH) Matthias Tietze

Projektpartner | Project Partners

Konsortium bestehend aus derzeit 134 Firmen, Verbänden und Institutionen



A photograph of a student in a lecture hall, seen from behind. The student is wearing a dark blue hoodie with the German phrase "WIDERSTAND IST ZWECKLOS!" printed in white on the back. The student is also wearing a grey knit beanie. In the background, other students are seated at desks, and a lecture hall environment is visible with a green chalkboard and a white door.

WIDERSTAND IST ZWECKLOS!

LEHRE

LEHRVERANSTALTUNGEN DES INSTITUTS FÜR MASSIVBAU

Universitäten sind eine Gesamtheit aus Wissenschaftlern, Lehrenden und Lernenden. Die Lehre nimmt deshalb an unserem Institut einen besonders hohen Stellenwert ein. Mit dem Wissen möchten wir auch die Faszination und Innovationskraft unseres Fachgebietes übermitteln. Wir wollen die Begeisterung der Studenten wecken und sehen in ihnen die Botschafter, die dieses Wissen in die Praxis hinaustragen oder durch eine Tätigkeit in der Forschung weiterentwickeln. Besonders intensive Kontakte und kreativer Gedankenaustausch werden bei der Betreuung der Semester- und Abschlussarbeiten gepflegt, aber auch bei gemeinsamen Exkursionen.

Unsere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter betreuen überwiegend Lehrveranstaltungen der Diplom- und Diplomaufbaustudiengänge Bauingenieurwesen und des Masterstudiengangs „Advanced Computational and Civil Engineering Structural Studies (ACCESS)“. Seit diesem Jahr werden unsere internationalen Studenten maßgeblich von Dr.-Ing. Maria Patricia Garibaldi betreut. Frau Garibaldi wurde am Georgia Institute of Technology in Atlanta (Georgia, USA) promoviert und bringt langjährige Erfahrungen

aus ihrer Tätigkeit als Brückenbauingenieurin der United Research Services (URS) Corporation in Tampa (Florida, USA) mit ein. Überdies werden Lehrveranstaltungen für die Bachelorstudiengänge Wasservirtschaft und Lehramt Berufsbildende Schule sowie für den Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen angeboten.

Als Maßstab für die Qualität der Lehre sehen wir vor allem die Meinung der Studenten. Neben den obligatorischen Evaluationen suchen wir das Gespräch mit den Lernenden, um Anregungen und Kritik aus erster Hand zu erfahren. Besonders direkte Verbindungen pflegen wir zu den rund 50 studentischen Hilfskräften am Institut, die zumeist in die Forschungsarbeit eingebunden sind. Diese Tätigkeit erfordert sowohl fundiertes Wissen als auch Phantasie und Kreativität – ein ideales Aufgabenfeld für begabte und motivierte Studenten und zukünftige Ingenieure. Gleichzeitig fließen die Anforderungen der Bauindustrie an Hochschulabsolventen in die Lehrkonzeption ein. Viele Abschlussarbeiten werden gemeinsam mit einem Praxispartner betreut. So können wir unseren Studenten einen optimalen Start ins Berufsleben ermöglichen.

Stahlbetonbau (BIW 2-05)

Dr.-Ing. Kerstin Speck,
Dipl.-Ing. Sebastian Wilhelm

- 4. Semester: 2 SWS Vorlesung
- 5. Semester: 1 SWS Vorlesung / 1 SWS Übung
- 6. Semester: 2 SWS Vorlesung / 2 SWS Übung

Inhalt des Moduls sind die Entwurfs-, Konstruktions- und Bemessungsgrundlagen des Stahlbetonbaus sowie die wesentlichen Modelle für den Nachweis typischer Stahlbetonbauteile.

Die Studierenden besitzen nach Abschluss des Moduls, ausgehend von den Festigkeits-, Verformungs- und Verbundeigenschaften der Materialien Beton und Bewehrungsstahl, Kenntnisse über die Berechnungsmodelle der Tragfähigkeit bei Beanspruchung infolge Biegung, Längskraft, Querkraft und Torsion sowie deren

Kombinationen. Eingeschlossen sind die Stabilitätsnachweise für verschiebliche und unverschiebliche Systeme. Ferner kennen sie die den Gebrauchszustand kennzeichnenden Parameter (Rissbildung, Durchbiegungen, Kriech- und Schwindverformungen, Spannungen). Die Prinzipien der Verankerungen und Verbindungen von Bewehrungselementen werden beherrscht. Die Studierenden sind nach Abschluss des Moduls in der Lage, übliche Querschnitte und Bauteile aus Stahlbeton zu entwerfen, zu konstruieren und zu bemessen. Die Studierenden verstehen die Wirkungsweise des Spannbetons und kennen die üblichen Spannverfahren. Die Besonderheiten und die Vorzüge gegenüber dem klassischen Stahlbeton werden erkannt. Die Studierenden sind in der Lage, die Auswirkungen einer Vorspannung auf die Schnittgrößen im Tragwerk (Lastfall Vorspannung, Reibung und Keilschlupf, Schwinden und Kriechen) zu berechnen sowie Spannbetonbauteile zu entwerfen und zu konstruieren.



Auch außergewöhnliche Lastfälle im Blick – „Liebesschlösser“ am Makartsteg in Salzburg
Foto: Robert Zobel

Konstruktionslehre und Werkstoffmechanik im Massivbau (BIW 3-02)

Prof. Dr.-Ing. habil. Ulrich Häußler-Combe

5. Semester: Mauerwerksbau 1 SWS Vorlesung
 6. Semester: Stahlbetonkonstruktionslehre
 2 SWS Vorlesung / 1 SWS Übung

Inhalt des Moduls sind die Besonderheiten der Baustoffkunde des Massivbaus sowie des Tragverhaltens und der Konstruktionsweisen. Zusätzlich zu den vom Institut für Massivbau betreuten Lehrveranstaltungen werden im 5. Semester eine Vorlesung und eine Übung zur Werkstoffmechanik im Massivbau vom Institut für Baustoffe angeboten.

Die Studierenden besitzen nach dem Abschluss des Moduls vertiefte Kenntnisse zum Festigkeits-, Verformungs- und Bruchverhalten von Beton unter Zug- und Druckbeanspruchung, zum Entstehen von Zwangs- und Eigenspannungen infolge Temperatur- und Feuchteänderungen sowie zum Kriechen und Schwinden.

Aufbauend auf der vertieften Kenntnis der Baustoffeigenschaften sind die Studierenden in der Lage, werkstoffgerecht mit den Konstruktionselementen des Massivbaus umzugehen. Als wesentliche Grundlage besitzen sie hierzu die Fähigkeit, die Fachwerkmodelle des Massivbaus zu verstehen und richtig anzuwenden. Sie erkennen die speziellen Trageigenschaften von Platten, Scheiben, Fundamentkörpern aus Stahlbeton und berücksichtigen dies bei deren Bemessung, Kon-

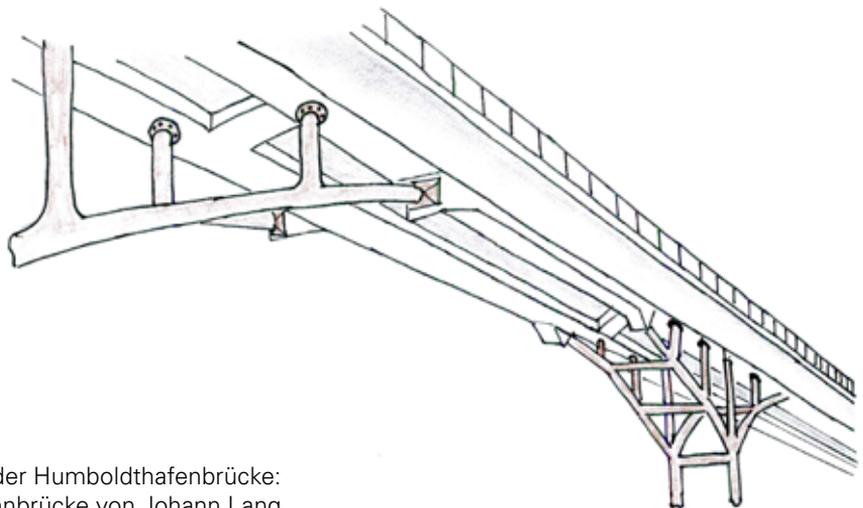
struktion und Bewehrungsführung. Daneben kennen die Studierenden die wesentlichen Grundmerkmale des Mauerwerksbaus sowie dessen spezielle Bemessungs- und Konstruktionsmethoden.

Entwurf von Massivbauwerken (BIW 4-11)

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach,
 Dr.-Ing. Silke Scheerer, Dr.-Ing. Harald Michler,
 Dr.-Ing. Thomas Bösche, Dipl.-Ing. Matthias Quast,
 Dr.-Ing. Kerstin Speck, Dipl.-Ing. Oliver Steinbock,
 Dipl.-Ing. Tobias Walther

7. Semester: 2 SWS Vorlesung
 8. Semester: 1 SWS Vorlesung / 3 SWS Seminar

Inhalt des Moduls ist der Entwurf von Ingenieurbauwerken wie Brücken, Hochhäuser, Türme und von anderen Bauwerken unter Berücksichtigung geeigneter Konstruktionsweisen und Bautechnologien sowie deren funktionaler und gestalterischer Wirkung. Die Studierenden beherrschen nach Abschluss des Moduls die Grundprinzipien des konzeptionellen Entwurfs von Tragwerken. Sie kennen die üblichen Tragwerkstypen für die verschiedenen Arten von Ingenieurbauwerken und sind in der Lage, dieses Wissen auf spezifische örtliche und funktionale Situationen anzuwenden. Sie verstehen die ganzheitlichen Entwurfskriterien hinsichtlich Form und Konstruktion, Funktionalität sowie Ökologie und Ökonomie. Die Studierenden können selbstständig geeignete Systeme entwerfen, modellieren und berechnen. Sie sind in der Lage, die Entwürfe gemeinsam im Team zu entwickeln und diese vor einem Fachpublikum zu präsentieren.



Inspiziert von der Humboldthafenbrücke:
 Entwurf einer Eisenbahnbrücke von Johann Lang

Bauwerke erhalten ist genauso wichtig wie neue bauen
 – Bauwerkssondierung an der Hochstraße Inzersdorf, Wien
 Foto: Sebastian Wilhelm



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

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach,
 Dipl.-Ing. Robert Zobel, Dr.-Ing. Torsten Hampel,
 Dipl.-Ing. Egbert Müller

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 / 0,5 SWS Übung

Inhalt des Moduls sind Analyse und Nachrechnung sowie Instandsetzung und Verstärkung von bestehenden Massivbauwerken.

Die Studierenden kennen nach Abschluss des Moduls die typischen historischen Massivbaukonstruktionen sowie die Methoden der statisch-konstruktiven Bauwerksdiagnose dieser Bauwerke mit Hilfe von rechnerischen und experimentellen Verfahren. Sie sind in der Lage, bestehende Massivbauwerke hinsichtlich ihres Zustands und Tragverhaltens zu analysieren und die erforderlichen Verstärkungsmaßnahmen zu planen und zu berechnen. Einen Schwerpunkt bildet dabei auch die Verstärkung mit Hilfe von Textilbeton. Die Studierenden besitzen nach dem Abschluss des Moduls vertiefte Kenntnisse zur modernen Betontechnik beim Bauen im Bestand und beim Neubau insbesondere in Bezug auf Herstellung, Eigenschaften und Anwendungsgebiete von Hochleistungsbetonen mit und ohne Faserbewehrung. Die Lehrveranstaltungen (0,5 SWS

Vorlesung, 0,5 SWS Übung) zu den Hochleistungsbetonen werden vom Institut für Baustoffe betreut.

Brückenbau (BIW 4-16)

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach,
 Martin Just M.Sc., Dipl.-Ing. Oliver Steinbock

7. Semester: Massivbrückenbau
 2 SWS Vorlesung

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

Die Studierenden kennen nach Abschluss des Moduls die Lastannahmen von Brücken, die neben Eigengewicht und Verkehrslasten der verschiedenen Nutzungsformen auch Temperatur, Windwirkungen einschließlich aerodynamischer Effekte und Schiffsanprall beinhalten.

Die Studierenden sind mit den verschiedenen Brückentypen wie Balken-, Bogen-, Schrägkabel- und Hängebrücken vertraut und in der Lage, Brücken in unterschiedlichen Bauweisen zu entwerfen, zu konstruieren und zu berechnen. Ferner kennen sie Regeln zur ästhetischen Gestaltung und Ausführung der Brücken. Die Studierenden verstehen den Zusammenhang zwischen örtlichen Gegebenheiten, gestalterischen Anforderungen und Montageverfahren



Brückenbau
in Theorie und Praxis –
Besichtigung des Knotens
Prater in Wien im Rahmen
der Brückenbauexkursion
Foto: Robert Zobel

und können diesen in die Tragwerksplanung der Brücken einbeziehen. Sie sind in der Lage, geeignete Berechnungsmodelle zu erstellen und Tragwerksanalysen durchzuführen. Die wichtigsten Ausrüstungselemente für Brückenbauwerke, wie z. B. Übergangskonstruktionen, Lager und Entwässerungseinrichtungen, sind ihnen bekannt.

Vom Institut für Massivbau wird die Vorlesung Massivbrückenbau betreut. Zum Modul gehören noch eine Vorlesung zum Stahl- und Verbundbrückenbau, die vom Lehrstuhl für Stahlbau betreut wird (2 SWS Vorlesung), und die Vorlesungsreihe Schrägkabelbrücken, die von Prof. Svensson gehalten wird (1 SWS Vorlesung und 1 SWS Übung).

Beton im Wasserbau und Stahlwasserbau (BIW 4-52)

Prof. Dr.-Ing. habil. Ulrich Häußler-Combe

8. Semester: 1 SWS Vorlesung

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

Nach dem Abschluss des Moduls besitzen die Studierenden Kenntnisse über besondere Betone und Betonierverfahren im Wasserbau (Unterwasserbe-

ton, Walzbeton u. a.), die Dauerhaftigkeitsprognose und -bemessung für Wasserbauwerke sowie deren Schutz und Instandsetzung. Sie wissen um die Auswirkungen von Hydratationswärme, Temperaturspannungen, Zwangs- und Eigenspannungszuständen sowie um die Rissbildung und Rissbreitenbeschränkung. Des Weiteren beherrschen sie maßgebende konstruktive Details wie Bauwerksfugen und Fugendichtungen.

Die Studierenden kennen sich mit den Tragwerken spezieller Bauwerkstypen wie Weiße Wannen, Behälter und Schleusen sowie mit dem speziellen Normenwerk des Betons im Wasserbau aus. Die Studierenden sind mit den Verschlusstypen des Stahlwasserbaus und deren konstruktiven und statischen Besonderheiten vertraut. Sie verfügen über Kenntnisse zur Konstruktion und Berechnung (statische Modelle, Lastannahmen, Normen) von Wehrverschlüssen, Schleusen- und Segmenttoren sowie Notverschlüssen. Die Studierenden kennen verschiedene Dichtungstypen, deren Anforderungen und Belastungsdrücke.

Vom Institut für Massivbau wird die Vorlesung Spezialbauwerke des Wasserbaus betreut. Zum Modul gehören noch eine Vorlesung zum Beton im Wasserbau, die vom Institut für Baustoffe betreut wird (2 SWS Vorlesung, 1 SWS Übung), und die Vorlesungsreihe Stahlwasserbau, die vom Lehrstuhl für Stahlbau betreut wird (1 SWS Vorlesung, 1 SWS Übung).

Bauökologie – Bautechnik (BIW 4-56, BA-BT-M 08)

Dr.-Ing. Kerstin Speck, Dipl.-Ing. Tom Sauerborn

7. Semester: Nachhaltige Tragwerksplanung
1 SWS Vorlesung

Inhalt des Moduls sind das Bauen mit nachwachsenden Rohstoffen, die Instandhaltung von Bauwerken, Umweltverträglichkeit von Baustoffen sowie Baustoffrecycling und nachhaltige Tragwerksplanung.

Nach Abschluss des Moduls besitzen die Studierenden vertiefte Kenntnisse zur Verwendung von Holz und Holzwerkstoffen im Bauwesen mit dem Schwerpunkt auf umweltschonenden Herstellungs- und Verarbeitungstechnologien. Sie beherrschen die Grundlagen der umweltfreundlichen Instandhaltung von Bauwerken und sind in der Lage, die Umweltverträglichkeit von Baustoffen von der Herstellung über deren Nutzung bis zur Entsorgung bzw. Wiederverwer-

nung zu beurteilen. Darüber hinaus besitzen sie Kenntnisse über umweltschonende Herstell- und Recyclingtechnologien für Massenbaustoffe einschließlich Asphalt. Die Studierenden wissen um Aufbereitungstechniken anfallenden Bauschutts und die Wiederverwendung des so gewonnenen Materials. Außerdem sind ihnen Besonderheiten der nachhaltigen Bauwerksplanung, der Produktion, des Transports und der Montage sowie der erforderlichen ökologisch relevanten Nachweise samt Konstruktionsbeispielen bekannt.

Vom Institut für Massivbau wird die Vorlesung Nachhaltige Tragwerksplanung betreut. Zum Modul gehören noch eine Vorlesung zum Bauen mit nachwachsenden Rohstoffen, die vom Lehrstuhl für Ingenieurholzbau und baukonstruktives Entwerfen betreut wird (2 SWS Vorlesung), die Vorlesungsreihe Baustoffrecycling, die vom Institut für Stadtbauwesen und Straßenbau betreut wird (2 SWS Vorlesung), und die Vorlesungsreihe Instandhaltung von Bauwerken und Umweltverträglichkeit von Baustoffen, die vom Institut für Baustoffe betreut wird (1 SWS Vorlesung).



Highline 179 in Reutte

Foto: Sebastian Wilhelm

Computational Engineering im Massivbau (BIW 4-65)

Prof. Dr.-Ing. habil. Ulrich Häußler-Combe

7. und 8. Semester: 2 SWS Vorlesung und 1 SWS Übung

Inhalt des Moduls sind die Grundlagen der Anwendungsmöglichkeiten von numerischen und anderen rechnergestützten Verfahren im Bereich des Massivbaus, wie beispielsweise die speziellen Materialeigenschaften von Beton, die Rissbildung und das Zusammenwirken von Beton und Betonstahl im Hinblick auf Modellbildung und Diskretisierung. Einen weiteren Schwerpunkt bilden geeignete Verfahren zur Lösung der nichtlinearen Problemstellungen sowie die speziellen Verfahrensmerkmale und die Anwendungsmöglichkeiten anhand von typischen Beispielen. Im Blickpunkt stehen auch außergewöhnliche Beanspruchungen wie Anprall und Explosionsdrücke.

Die Studierenden kennen nach Abschluss des Moduls die wesentlichen methodischen Grundlagen der Anwendung numerischer Rechenverfahren auf die Probleme des Stahlbetonbaus. Für eine gegebene Problemstellung können sie zweckmäßige Modelle und Lösungsverfahren auswählen und geeignete Programme anwenden. Sie können die Ergebnisse zutreffend interpretieren und die Anwendungsgrenzen erkennen.

Design of Concrete Structures (ACCESS, BIWE-01)

Dr.-Ing. Maria Patricia Garibaldi,
Dr.-Ing. Harald Michler

2. Semester: 2 SWS Vorlesung und 1 SWS Übung

Inhalte des Moduls sind bemessungsrelevante Betoneigenschaften, das Tragverhalten unter mehraxialer Beanspruchung, spezielle Eigenschaften des Werkstoffs Beton als Basis für eine Modellierung, Bemessungsverfahren für bewehrte Betonbauteile gemäß gültiger Normen und Vorschriften einschließlich Verfahren zur Plausibilitätskontrolle und spezielle Verstärkungsmethoden für Stahlbetonkonstruktionen und die zugehörigen Berechnungsmodelle, z. B. Spritzbeton, Stahllamellen, FRP-Systeme oder textilibewehrter Beton zur Verstärkung.

Nach Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage, Materialparameter für Beton in der Modellierung gezielt festzulegen, Ergebnisse von Berechnungsprogrammen auf Plausibilität zu prüfen sowie Verstärkungsmaßnahmen für bestehende Stahlbetonkonstruktionen zu planen und zu berechnen.

Computational Methods for Reinforced Concrete Structures (ACCESS, BIWE-06)

Prof. Dr.-Ing. habil. Ulrich Häußler-Combe

2. Semester: 2 SWS Vorlesung und 1 SWS Übung

Inhalte des Moduls sind die speziellen numerischen Verfahren, die für die Berechnung von Stahlbetontragwerken geeignet sind. Dies umfasst die Modellierung von Rissbildung und Verbund, spezielle nichtlineare Rechenverfahren, das Tragverhalten von gerissenen Stahlbetonstäben, numerische Verfahren für Stabwerkmodelle, mehraxiale Stoffgesetze für Beton und finite Elemente für Stahlbetonstabtragwerke, insbesondere Scheiben und Platten.

Nach Abschluss des Moduls kennen die Studierenden die speziellen Mechanismen des Verhaltens von Stahlbetontragwerken und können entsprechende numerische Rechenverfahren anwenden.

Cable stayed bridges (ACCESS, BIWE-11)

Dr.-Ing. Maria Patricia Garibaldi

2. Semester: 2 SWS Vorlesung und 1 SWS Übung

Inhalte des Moduls sind die Einwirkungen auf Schrägseilbrücken, die Dimensionierung, Dynamik, Herstellung und Installation von Tragseilen, die Berechnungen von Schrägseilbrücken aus Stahlbeton und Stahl unter Einbeziehung der nichtlinearen Theorie und der aerodynamischen Stabilität der Seile, Versteifungsträger und Pylontürme, die Gestaltung und der Bauablauf von Schrägseilbrücken, Ausführungsbeispiele von Beton-, Stahlverbund- und Hybridschrägseilbrücken, Entwurf und Dimensionierung von Schrägseilbrücken gemäß Eurocode, Lastannahmen im Brückenbau, Versteifungsträger- und Fahrbahnkonstruktionen in Stahlbeton-, Stahl- und Stahl-



Wilhelm-Kaufmann-Steg in Salzburg

Foto: Sebastian Wilhelm

verbundbauweise und ausgewählte Konstruktionsdetails von Brücken.

Ziel dieses Moduls ist die Beherrschung von Planungs-, Entwurfs-, Berechnungs- und Konstruktionsgrundlagen von Schrägseilbrücken. Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage, Grundlagen des Entwurfes, der Konstruktion und Berechnung von Schrägseilbrücken anzuwenden. Außerdem kennen sie die Fertigungs- und Montageabläufe bei der Ausführung dieser Brücken.

Dieses Modul wird angeboten in Zusammenarbeit mit Prof. Holger Svensson und dem Lehrstuhl für Stahlbau.

Grundlagen des Stahlbetonbaus (BWA 14)

Dr.-Ing. Silke Scheerer, Dipl.-Ing. Angela Schmidt

6. Semester: 2 SWS Vorlesung und 2 SWS Übung

Das Modul bietet eine Einführung in die Stahlbetonbauweise. Es werden die speziellen Baustoffeigenschaften sowie das Zusammenwirken der beiden Baustoffe Stahl und Beton im Verbund

erläutert und die Grundlagen der Schnittgrößenermittlung, Bemessung und konstruktiven Durchbildung der wichtigsten Bauteile im Massivbau vermittelt. Nach Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage, einfache Stahlbetonbauteile selbstständig zu konstruieren und zu bemessen. Sie kennen Problemstellungen und Lösungsansätze für einige spezielle Anwendungen.

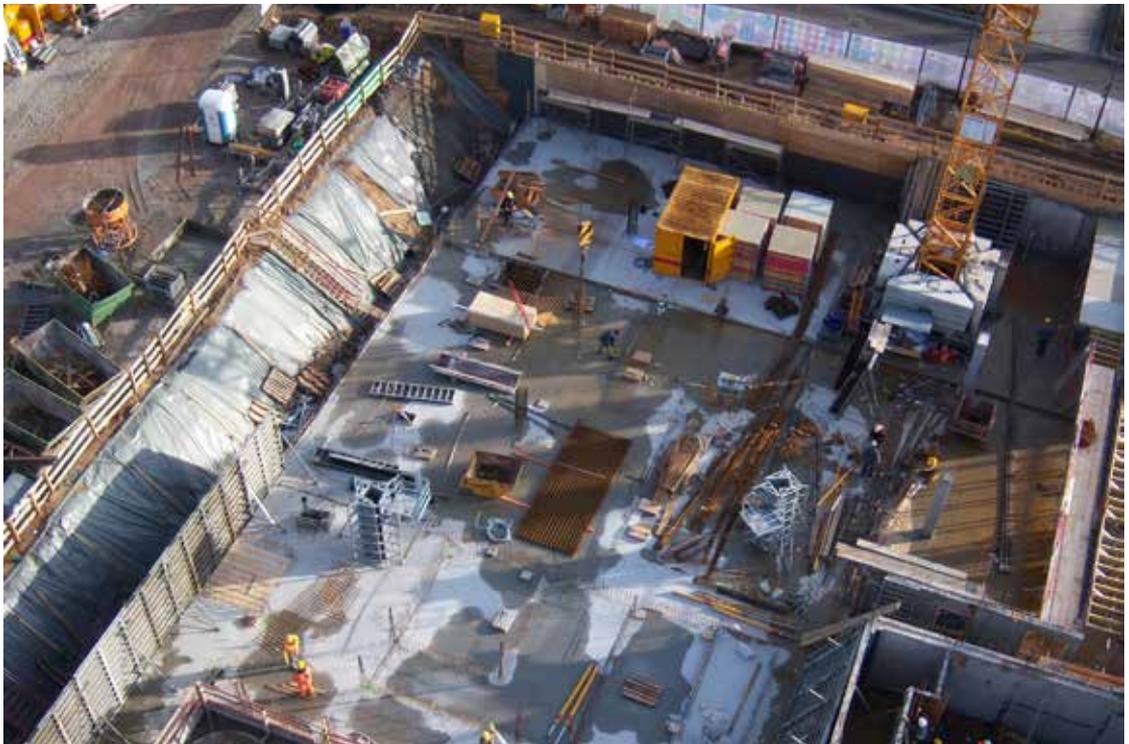
PROJEKTARBEITEN | *PROJECT WORKS*

WINTERSEMESTER 14/15 | *WINTER TERM 14/15*

Im 9. Semester des Diplomstudiengangs bzw. im 3. Semester des Diplom-Aufbaustudiengangs Bauingenieurwesen wird von den Studenten 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 Studenten zeigen, dass sie an einer größeren Aufgabe Ziele definieren sowie interdisziplinäre Lösungsansätze und Konzepte erarbeiten können. Die während ihres Studiums erworbenen Kenntnisse, Fähig-

keiten und Fertigkeiten sind möglichst selbstständig, einzeln oder im Team auf eine konkrete Aufgabenstellung anzuwenden, die Arbeitsschritte 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 fertigen die Studenten des englischsprachigen Masterstudiengangs „Advanced Computational and Civil Engineering Structural Studies – ACCESS“ im 3. Semester eine Project Work an.



Herstellung einer Weißen Wanne

Foto: Oliver Steinbock

Moritz Bohlen

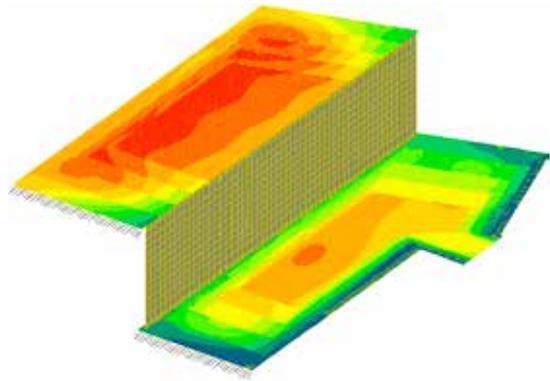
Untersuchung zu unterschiedlichen Konzeptionen von Weißen Wannen (Projektarbeit)

Bauwerke oder Bauwerksteile, die ins Erdreich eingebunden sind, müssen aufgrund von Nutzungs- und Dauerhaftigkeitsanforderungen wasserundurchlässig hergestellt werden. Dabei gilt die Weiße Wanne in der Praxis zunehmend als Vorzugslösung. Hier übernimmt der Stahlbeton sowohl die tragende als auch die abdichtende Funktion, wenn der Beton wasserundurchlässig ausgeführt wird. Aufgrund der Vielzahl an unabhängigen Faktoren existiert jedoch keine Standardlösung für Weiße Wannen. Die Wasserundurchlässigkeit wird im Wesentlichen durch den Feuchtetransport im Beton und die Rissentwicklung beeinflusst. Neben der porositätsbedingten Durchlässigkeit des Betons sind für die Beurteilung der Wasserundurchlässigkeit eines Betonbauteils die Trennrisse, die den gesamten Querschnitt durchtrennen, dominierend. Der DAfStb gibt deshalb zur Planung von Weißen Wannen drei Konstruktionsgrundsätze an: die Bauweise zur Vermeidung von Trennrissen, die Bauweise mit Trennrissen begrenzter Rissbreite oder die Bauweise mit zugelassenen Trennrissen. Aus der Diskussion der Grundsätze wurde eine tabellarische Übersicht entwickelt, die eine vereinfachte Entscheidung für eine der drei Varianten ermöglichen soll. Im Umgang mit Trennrissen wird die Beanspruchung durch Zwang als maßgebende Einwirkung bei der Planung und Herstellung von Weißen Wannen beschrieben. Hinzu kommt die Komplexität dieser Beanspruchung durch die Unterscheidung von frühem und spätem sowie innerem und äußerem Zwang und der entsprechenden rechnerischen Abbildung.

Stefano Chiasera

Bauwerks-Gründungs-Interaktion – Grenzfalluntersuchungen bei bereichsweise unterschiedlichen Gründungs- und Steifigkeitsverhältnissen (Projektarbeit)

In einer Innenhofbebauung in der Dresdner Neustadt sind durch Teilunterkellerungen von Gebäuden und dem teilweise vorhandenen Aufstand von Häusern auf einer Tiefgarage bereichsweise unterschiedliche Gründungs- und Steifigkeitsverhältnisse vorhanden, die eine genauere Berechnung erfordern. Ziel der Projektarbeit war die



Sohlspannungen bei Steifemodulverfahren mit bereichsweiser Randversteifung
Grafik: Stefano Chiasera

Untersuchung des Einflusses dieser bereichsweise unterschiedlichen Gründungs- und Steifigkeitsverhältnisse auf die Bemessung und die somit erforderliche Bewehrung der Bauteile im Gründungsbereich. Hierfür wurden verschiedene rechnerische Ansätze für die Steifigkeitsverhältnisse und verschiedene Berechnungsverfahren und ihre Auswirkung auf die Bauwerks-Gründungs-Interaktion untersucht. Die Untersuchungen wurden anhand des Bettungs- und Steifemodulverfahrens sowie bereichsweiser Verbesserung des Bettungsmodulverfahrens durchgeführt. Zum Einsatz kamen das Programm pcae zur Untersuchung ebener Stabtrag- und Plattentragwerke sowie räumlicher Faltwerke und das Programm Plaxis 2D für ebene Scheibentragwerke. Es wurde gezeigt, dass sich die Sohlspannungsverläufe, die mithilfe des Bettungsmodulverfahrens mit Ansätzen der Versteifungen im Randbereich ermittelt wurden, denen des Steifemodulverfahrens und der vertieften Stoffmodelle annähern. Es konnte festgestellt werden, dass geringe Lagerungsdichten gleichmäßigere Sohlspannungen hervorrufen. Dabei wurde nachgewiesen, dass die Annahme einer geringen Lagerungsdichte ausschlaggebend für die Bemessung ist, da gleichmäßigere Sohlspannungen höhere Biegemomente erzeugen.

Melchior Deutscher

**Tragwerksanalyse und Tragwerks-
optimierung einer dreifeldrigen
Stahlverbundbrückenkonstruktion im Zuge
der B101 über die zweigleisige Strecke
Dresden–Elsterwerda der DB AG**

(Projektarbeit)

Der Anbau eines Geh- und Radweges an die B101, Ortsausgang Priestewitz, erfordert den Neubau der Brücke am Kreuzungspunkt mit der zweigleisigen Strecke Dresden–Elsterwerda der DB AG. Um die Betriebszeiten der Bahn nicht langfristig zu beeinflussen und die Kosten gering zu halten, wurde eine kombinierte Dreifeldbrücke mit Betonrandfeldern und einem Stahlverbundbauinnenfeld gewählt. Im Zuge der Projektarbeit wurde das globale Tragwerk mit Hilfe des Programms RIBfem PONTI Stahlverbund bemessen. Der Entwurf aus der Vorplanung wurde bestätigt und optimiert. Der Schwerpunkt der Arbeit lag auf der Bemessung der Koppelstelle zwischen Stahlverbund und Beton im Bereich der Innenstützen. Aus verschiedenen Ansätzen entwickelte sich das Konzept der Kraftübergabe über Anschlusschwerter für Druck- und Zugkräfte, welche über Kopfbolzendübel einen volltragfähigen Anschluss realisieren und das Stützmoment von ca. 60.000 kNm vom Stahlverbund in den Beton übertragen können. Alternativ wurde ein Anschluss mit verschobener Koppelstelle in Richtung Momentennullpunkt und die Ausführung mit Verbundfertigteilplatte untersucht. Diese Möglichkeiten konnten keine erhofften konstruktiven Vorteile erbringen.

Tino Eger

**Untersuchung von leichten
Deckentragwerken aus Beton**

(Projektarbeit)

Ausgehend von der geschichtlichen Entwicklung von Deckenplatten erfolgt zuerst die Betrachtung verschiedener linienförmig gelagerter, ein- und zweiachsig gespannter Platten. Dazu werden auch Verformungen, Schnittgrößen und Bewehrungsgehalte mittels FE-Berechnung und vergleichend mit verschiedenen Handrechenarten ermittelt. Die verschiedenen Plattenausführungen werden bezüglich der erforderlichen Plattenhöhe bzw. des Betonvolumens und der Bewehrungsmenge miteinander verglichen. Die allseitig eingespannte Platte weist die geringsten benötigten Beton- und Bewehrungsmen-

gen auf. Des Weiteren werden punktgestützte ebene Platten mit verschiedenen Querschnittsausführungen betrachtet: die Vollplatte, welche als Referenz diente, eine Hohlkörperdecke mit abgeflachten Kugeln der Firma Cobiax und eine dreischichtige Sandwichdecke. Letztere besteht aus zwei Mantelschichten aus Normalbeton der Güte C20/25 und einer leichten Kernschicht aus Porenleichtbeton mit einer Druckfestigkeit von 8 N/mm². Für jeden der drei Aufbauten erfolgte zusätzlich die Berechnung einer parabelförmig gevouteten Deckenform. Abschließend wurden alle sechs Varianten ebenfalls miteinander verglichen. Bei den gevouteten Platten wird im Vergleich zu den ebenen das Durchstanzen bemessungsmaßgebend. Durch die veränderliche Querschnittshöhe der Platten können der Ausnutzungsgrad deutlich gesteigert und somit Material und Gewicht eingespart werden. Am effizientesten trägt die gevoutete Platte mit sandwichförmigem Aufbau.

Andreas Ellinger

**Untersuchung der Einsatzmöglichkeiten
von Hochleistungsbeton für Druckgehäuse
der Tiefseeforschung**

(Projektarbeit)

Bei der Erforschung der Tiefsee werden Unterwassergehäuse für verschiedenste Zwecke benötigt. Meist werden sie aus teuren Metallen wie Titan und Aluminium gefertigt, die ausreichend korrosionsbeständig sind. Im Rahmen dieser Projektarbeit wurden die Einsatzmöglichkeiten von ultrahochfestem Beton (UHPC) als Werkstoff für solche Druckgehäuse untersucht. Die angestrebte Einsatztiefe betrug 3.000 m. Zu Beginn wurden mittels Literaturrecherche die bisherigen Forschungsergebnisse zu Druckgehäusen aus Normalbeton zusammengetragen. Darauf folgte eine kurze Charakterisierung des Werkstoffes UHPC. Im Hauptteil der Arbeit wurden verschiedene Geometrien und Verschlussysteme mit Hilfe des FEM-Programms ANSYS entworfen, berechnet und verglichen. Ziel der Untersuchung war eine Optimierung der Gehäuse hinsichtlich Stabilität, Herstellbarkeit und Nutzbarkeit. Die Untersuchungen ergaben, dass UHPC als Werkstoff für Druckgehäuse bei der Tiefseeforschung prinzipiell geeignet ist. Seine hohe Festigkeit und Gefügedichte sowie seine relativ unkomplizierte Verarbeitbarkeit machen ihn zu einer praktikablen und kostengünstigen Alternative zu den gängigen Metallen.

Benedikt Funk

**Umbau und Erweiterung eines
DDR-Typenschulbaus**
(Projektarbeit)

Für das vorhandene Bestandsobjekt eines Typenschulbaus des Gebäudetyps „Dresden“ wurde der Sanierungsaufwand untersucht. Ziel war es, mit Hilfe technischer Randbedingungen und unter ökonomischen Gesichtspunkten verschiedene Sanierungskonzepte zu betrachten und im Hinblick auf die zukünftige Nutzung zu bewerten. Im Sinne der energetischen Sanierung und zur Sicherstellung eines behaglichen Nutzungskomforts wird die Umsetzung eines Passivhausstandards angestrebt. Um die Sanierungsfähigkeit im Hinblick auf die geplante Nutzung zu analysieren, wurden unterschiedliche rechnerische Untersuchungen am Bestandsobjekt durchgeführt. Neben der ausgiebigen Recherche vorhandener Bestandsunterlagen stützen sich diese in hohem Maße auch auf sinnvoll erscheinende Annahmen. In diesem Zusammenhang wurden verschiedene Verstärkungsmaßnahmen mit dem Hauptaugenmerk auf der Deckenkonstruktion aufgezeigt und somit eine grundsätzliche Durchführbarkeit nach-

gewiesen. Es zeigte sich jedoch, dass für einen rechnerischen Tragsicherheitsnachweis weitere detaillierte und aussagekräftige Baustoffuntersuchungen nötig wären, um gesicherte Ergebnisse zu liefern. Auch hätten solche statischen Eingriffe vielschichtige Auswirkungen auf die anderen Teilbereiche des Tragwerkes. Grundsätzlich ist die Sanierungswürdigkeit des Bauwerkes gegeben. Im Zuge der Konkretisierung der verschiedenen Planungsbereiche sind jedoch weitere vertiefende Betrachtungen nötig, um das intendierte Bauvorhaben umzusetzen.

Tobias Hein

**Bemessung und Montageplanung eines
ca. 1.100 m langen Überwerfungsbauwerks
in Stahlbetonrahmenbauweise unter
schwierigen bau- und bahnbetrieblichen
Rahmenbedingungen**
(Projektarbeit)

An Stellen, an denen sich zwei Eisenbahnstrecken ebenerdig kreuzen, entstehen Konfliktpunkte, die einen Zug zum Halten bringen. Kreuzt eine Strecke zwei andere, erhöht sich das Konfliktpotential. Aus diesem Grund werden Kreuzungen



Plattenbauschule vom Typ Dresden

Foto: Mario Kristen

dieser Art bei der Bahn häufig mit Überwerfungsbauwerken in verschiedenen Höhen getrennt. Beispielhaft für die Notwendigkeit eines Überwerfungsbauwerks ist ein Projekt in Nordrhein-Westfalen. Die DB ProjektBau GmbH stellte einen Vorentwurf zur Verfügung, der die Grundlage für weitere Überlegungen bildet. Für das Bauwerk ist eine Rahmenwirkung gefordert, um einen schlanken Überbau zu erhalten. Zusätzlich ist die Durchfahrbarkeit bauzeitlich zu gewährleisten. Daraus ergibt sich eine in Deutschland bisher nicht angewendete Kombination aus Rahmenbauwerk und klassischer Brückenfahrbahn. Die Fahrbahn besteht aus einem Walzträger-in-Beton-Querschnitt. Für den Vorentwurf der DB ProjektBau GmbH wurde eine konstruktive Umsetzung unter den gegebenen Rahmenbedingungen erarbeitet. Im Besonderen waren konstruktive Detaillösungen für die Rahmenecken zu entwickeln und zu bemessen. Weiterhin erfolgte eine Bemessung von maßgebenden Bauwerksteilen sowie der Gründung. Darüber hinaus wurden Montageverfahren und Bauabläufe zur Minimierung der Betriebsbehinderungen entwickelt. Die Montage der Walzträger stellt unter laufendem Bahnbetrieb die größte Herausforderung dar und war für ein Arbeiten unter dem rollenden Rad zu optimieren. Hieraus ergaben sich Segmentbauweisen und der Einsatz von Fertigteilen.

Marcus Hering

Materialverhalten von Beton unter mehraxialer dynamischer Belastung
(Projektarbeit)

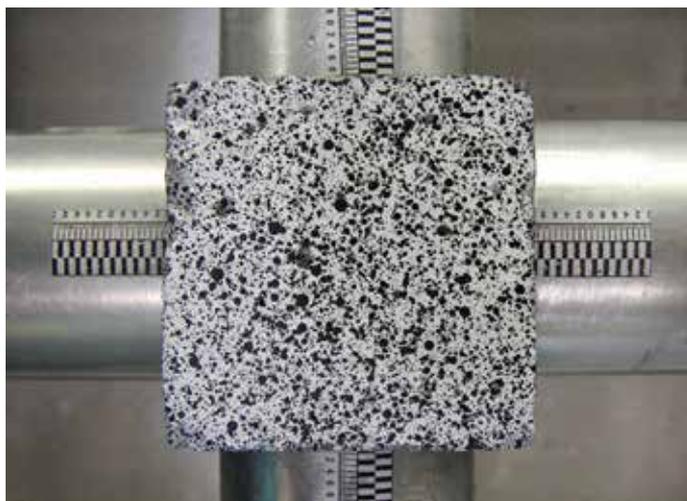
Die Dehnratenabhängigkeit der einaxialen Druck- und Zugfestigkeit des Betons (Dehnrateneffekt) sowie das Verhalten von Beton unter mehraxialer statischer Belastung wurden von zahlreichen Forschern untersucht und beschrieben. Die Wirkung einer kombinierten mehraxialen dynamischen Belastung ist dagegen weitestgehend unerforscht. Diese Arbeit widmet sich der Zusammenstellung und dem Vergleich der mehraxialen dynamischen Versuche an Beton, die in der Vergangenheit bereits durchgeführt wurden. Es erfolgte eine Auswertung der Versuchsergebnisse, die mit den unterschiedlichsten Versuchskonfigurationen gewonnen wurden.

Dazu wurden Umrechnungen und Normierungen definiert und anschließend angewendet. Mit den so erhaltenen Ergebnissen wurde untersucht, ob der aus einaxialen dynamischen Versuchen bekannte Dehnrateneffekt auch bei mehraxialen Versuchen auftritt. Es erfolgte eine Gegenüberstellung der Versuchsergebnisse mit den Erkenntnissen zum einaxialen Dehnrateneffekt sowie ein Vergleich mit mehraxialen statischen Versuchen. Aus Betrachtungen der Versuche ist es möglich, Überlagerungseffekte von mehraxialem Spannungszustand und Dehnrateneffekt zu erkennen. Durch die in dieser Arbeit zusammengetragenen Ergebnisse und die anschließende unabhängige Betrachtung haben sich bei allen Versuchskonfigurationen Tendenzen gezeigt, die es anhand weiterer Versuche zu untersuchen lohnt, um das Verständnis des Materialverhaltens von Beton zu verbessern.

Stefan Jürgensen

Die historischen Entwicklungen von Beton und Stahlbeton im Schiffbau
(Projektarbeit)

Die Erfindung des Stahlbetons geht auf die Mitte des 19. Jahrhunderts zurück. Ebenso lang ist die Geschichte der Betonschiffe, denn ein kleines Boot aus bewehrtem Beton war eine der ersten Anwendungen des Verbundmaterials. Ein Großteil der Entwicklungen auf dem Gebiet des Betonschiffbaus fand zwischen 1910 und 1920 statt. Der Baustoff Beton hatte seinen Siegeszug zur bestimmenden Bauweise des 20. Jahrhunderts



Probekörper im zweiaxialen Split-Hopkinson-Pressure-Bar
Foto: Matthias Quast

gerade begonnen und so sahen viele Ingenieure und Reporter den Beton auch im Schiffsbau als zukunftsweisendes Material. Allein die Zahl der Publikationen zum Thema unterstreicht dies. Der 1. Weltkrieg sorgte dann dafür, dass Schiffe aus Beton in großem Maßstab produziert wurden. Bald danach stellte man jedoch fest, dass Betonschiffe de facto zu schwer sind, um sie wirtschaftlich zu betreiben. Während des 2. Weltkriegs herrschte extreme Stahlknappheit und man griff die Bauweise erneut auf. Nach dem Krieg entdeckte man den Bau von kleinen Booten aus bewehrtem Beton neu. Heute wird Stahlbeton im maritimen Bereich nicht mehr für Schiffe eingesetzt, sondern für stationäre, schwimmende Betonkonstruktionen. Ziel der Projektarbeit war es, zuerst einen möglichst umfassenden Überblick über die Bauweisen zu geben und eine chronologische sowie lokale Einordnung vorzunehmen. Darüber hinaus wird eine Bewertung und Zusammenfassung der Erfahrungen aus dem Betonschiffbau gegeben.

Sebastian May

Variantenuntersuchung für einen Ersatzneubau für die Eisenbahnunterführung Hallische Straße in Magdeburg
(Projektarbeit)

Der Knotenpunkt Magdeburg ist im Netz der Deutschen Bahn eine wichtige Schnittstelle für nationalen und internationalen Zugverkehr. In unmittelbarer Nähe zum Hauptbahnhof Magdeburg befindet sich eine 5-gleisige Stabbogenbrücke mit aufgeständerter Fahrbahn aus dem Jahr 1892. Sowohl die Über- als auch die Unterbauten der Eisenbahnüberführung sind in einem schlechten Zustand. Im Rahmen dieser Arbeit wurden zunächst vier Varianten für einen Ersatzneubau vordimensioniert und miteinander verglichen. Dabei wurden Kriterien wie Wirtschaftlichkeit, Tragverhalten, Ästhetik und Bauzeit betrachtet und bewertet. Auf Grundlage dieser Analyse wurde anschließend eine Vorzugsvariante für den Ersatzneubau ausgearbeitet. Hierbei handelt es sich um die innovative VFT-Rail-Bauweise. Die Bauweise ist besonders für Ersatzneubauten im Bestandsnetz mit Spannweiten zwischen 6,50 m



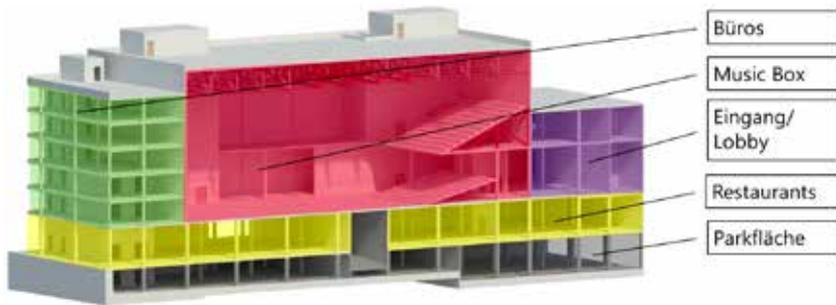
Stapellauf des Betonschiffes ‚Faith‘, 1917 Quelle: P. Kircher, Concrete Ships – Historical Notes concerning them and a Discussion of the Problems involved in their Construction. 1918

und 24 m geeignet. Sie erfüllt durch den hohen Vorfertigungsgrad die Forderungen nach einer schnellen und dauerhaften Wiederherstellung des Brückenbauwerks besonders gut. Weitere Vorteile sind die geringe Konstruktionshöhe von ca. L/20 (einschließlich Fahrbahn), die kurze Betriebsunterbrechung der Gleise, die hohe Querschnittssteifigkeit durch externe Bewehrung und die hohe Ermüdungsfestigkeit unter zyklischen Beanspruchungen.

Simon Pinther

Berlin Entertainment District – Akustische Entkopplung des Konzertsaals
(Projektarbeit)

Auf dem Gelände vor der O₂-World in Berlin wird ein neues Gebäudeensemble mit verschiedenen Nutzungen geplant. Die Projektarbeit befasst sich dabei ausschließlich mit dem Gebäude „Music Box“. Die Music Box soll später zur Austragung von Konzerten dienen und etwa 4.000 Personen Platz bieten. Um den Restaurantbetrieb während eines Konzertes zu gewährleisten, wurde in Zusammenarbeit mit BuroHappold Engineering eine Möglichkeit der akustischen Entkopplung des Konzertsaals zu den darunter liegenden Restaurants entwickelt. Nach der Entwicklung und Untersuchung verschiedener Varianten, den Gastronomiebereich von Luft- und Körperschalleintragungen zu isolieren, wurde eine akustische



Schnitt durch das Gebäude „Music Box“ Grafik: BuroHapold

wurde die Software RFEM gewählt. Die anschließende Bemessung des Tragwerkes wurde entsprechend der aktuellen Normung durchgeführt und mit technischen Zeichnungen ergänzt. Für die Variantenuntersuchung des größten Teildachs wurde eine Modifikation der

Entkopplung mittels Elastomeren favorisiert. Hierbei erfolgt eine komplette elastische Auflagerung der Veranstaltungshalle auf der Rohdecke über dem Gastronomiebereich. Außerdem werden die Außenwände des Konzertsaals quasi zerschnitten und dann Elastomere eingelegt, um zu verhindern, dass Körperschall durch die tragenden Strukturen in den Gastronomiebereich gelangt. Zur Sicherung der Wände gegen seitliches Verschieben werden elastisch ummantelte Schubdübel und Blockscherbverbindungen in regelmäßigen Abständen angeordnet. Außerdem wird das Bauwerk mithilfe von Elastomeren wirksam gegen Erschütterungen geschützt, die zunehmend durch Verkehr oder Windkraftanlagen in den Baugrund eingeleitet werden. Durch elastische Gebäudelagerungen können somit die Nutzungsdauer des Bauwerks und das Wohlbefinden der Nutzer sichergestellt werden.

Jan Cramer

Stadtteilzentrum Stöcken in Hannover – Variantenstudie und Bemessung eines Dachtragwerks

(Projektarbeit)

Vom Wiener Architektenbüro AllesWirdGut Architektur ZT GmbH stammt der Entwurf für den Neubau eines Freizeitheims in Stöcken/Hannover. Das Ingenieurbüro ifb thal + huber wurde mit der Tragwerksplanung beauftragt. Im Rahmen der Projektarbeit wurde in Zusammenarbeit mit dem Ingenieurbüro das Dachtragwerk für die Entwurfsplanung bemessen und eine Variantenstudie hinsichtlich des Optimierungspotentials vorgenommen. Das entworfene Gesamtdach des Freizeitheims lässt sich in drei einzelne Teildächer gliedern, wobei das größte eine Spannweite von ca. 25 x 25 m hat. Repräsentativ erfolgte an diesem die Stahlbetonbemessung. Für die Modellierung und Untersuchung des Tragwerkes

Unterzüge hinsichtlich Anzahl, Form und Größe vorgenommen. Außerdem wurde eine unterzugslose Spannbetonvariante mit sofortigem Verbund betrachtet. Als Ergebnis dieser Untersuchungen hat sich gezeigt, dass mit der gewählten Spannbetonvariante nicht das erhoffte Einsparpotential bei der Bewehrungs- und der Betonmenge erzielt werden konnte.

Cevin Schütz

Bauen im Bestand – Analyse von bestehenden Deckenkonstruktionen

(Projektarbeit)

In absehbarer Zeit wird sich das Berufsbild des Tragwerksplaners aufgrund der gewichteten Altersstruktur der Bauwerke mit einer steigenden Anzahl von Projekten des Bauens im Bestand konfrontiert sehen. Im Rahmen dieser Arbeit wurden exemplarisch die Deckenkonstruktionen Menzel-L und DIN-F im Quartier 1 in Dresden analysiert. Aufgrund einer Nutzungsänderung konnte für die zu untersuchenden Decken kein Bestandsschutz geltend gemacht werden, sodass auch die (Rest-)Tragfähigkeit überprüft werden musste. Vor der Anordnung von Verstärkungsmaßnahmen, Veränderungen des statischen Systems oder kompletten Austauschverfahren sollten im Sinne der Wirtschaftlichkeit stets die rechnerischen Möglichkeiten betrachtet werden, um den Nachweis der Tragfähigkeit zu erbringen. Diese umfassen die Methoden des Lastvergleichs, der Modifizierung von Teilsicherheitsbeiwerten und der Momentenumlagerung mithilfe Plastizitätstheorie sowie experimentelle Belastungen. Sie unterscheiden sich hinsichtlich Anwendungsbedingungen und Leistungsfähigkeit. Wenn für die untersuchten Decken die rechnerischen Reserven der Bestandskonstruktion nicht ausreichend waren, mussten verschiedene Verstärkungsmaßnahmen anhand ihrer Vor- und

Nachteile gegeneinander abgewogen werden. Dabei wurden Verstärkungen mit Spritzbeton, CFK-Lamellen und Textilbeton hinsichtlich erreichbarer Tragfähigkeit, architektonischer Belange, konstruktiver Ausbildung und Brandschutz untersucht.

Peggy Socher

Alternative Verfahren zur Messung der Oberflächenrauigkeit von Beton

(Projektarbeit)

Die Rauigkeit von Betonoberflächen wird bisher häufig mit dem Sandflächenverfahren nach Kaufmann ermittelt. Dies besitzt jedoch entscheidende Nachteile – darunter die Einschränkung des Einsatzbereichs auf horizontalen Flächen –, sodass Alternativen zu dieser Messmethode erforderlich sind. In dieser Arbeit wurden zunächst Alternativen zur Messung der Oberflächenrauigkeit sowie ihre Vor- und Nachteile zusammengetragen. Eine Auswahl der recherchierten Messmethoden wurde anschließend an sechs Betonflächen mit variierender Rauigkeit erprobt. Dabei war es zunächst notwendig, die mittlere Rautiefe der Probestellen mit dem Sandflächenverfahren zu messen, um eine Referenz für den Vergleich und die Bewertung der gewählten Alternativen zu schaffen. Die Flächen wurden danach mit zwei verschiedenen optischen Verfahren vermessen. Dabei kamen sowohl ein Streifenprojektionslaser als auch ein Messverfahren auf Basis der Triangulation mithilfe eines fokussierten Laserstrahls zum Einsatz. Zusätzlich wurde die Möglichkeit geprüft, Abdrücke von einer aufgerauten Betonoberfläche zu nehmen, um das Sandflächenverfahren indirekt an vertikalen Flächen sowie über Kopf anwenden zu können. Dabei wurden drei verschiedene Abdruckmassen auf ihre Anwendbarkeit getestet: ein Alginat, ein Polyurethanstreichharz und ein Silikonkautschuk. Insgesamt konnte dabei die Eignung sowohl der optischen Verfahren als auch einer der Abdruckmassen als Alternativen bzw. Erweiterung zum Sandflächenverfahren gezeigt werden.

Juliane Wagner

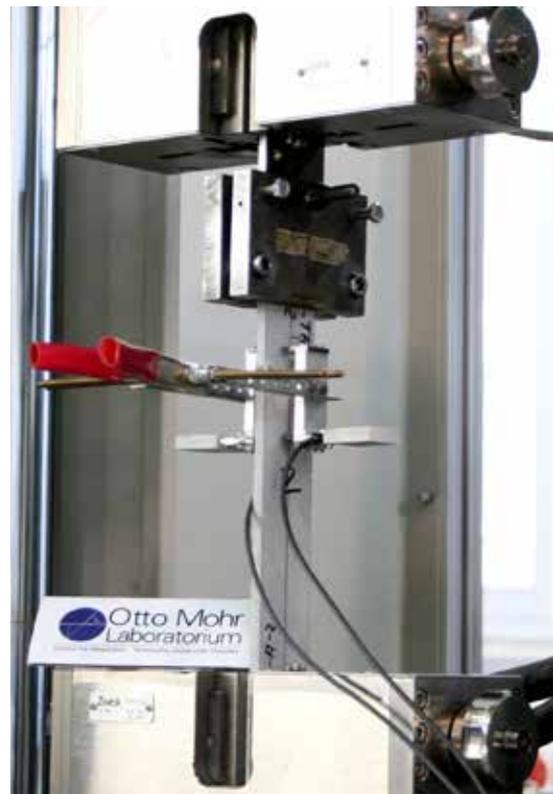
Prüfmethoden zur Materialcharakterisierung von Carbonbeton

(Projektarbeit)

Der Baustoff Carbonbeton – ein Verbundwerkstoff aus Beton und Carbon in Form von textiler oder Stabbewehrung – ist das Ergebnis aus For-

schungsarbeiten der vergangenen zwei Jahrzehnte. Um ihn zuverlässig in der Baupraxis einsetzen zu können, sind einheitliche Materialprüfungen zur Bestimmung seiner Eigenschaften notwendig. Im Fokus der Projektarbeit stehen daher Prüfmethode zur Ermittlung des Zugtrag- und des Verbundverhaltens. Bedingt durch die große Anzahl an Forschungseinrichtungen, welche sich mit Carbonbeton mit textiler Bewehrung auseinandersetzen, existiert bereits eine ebenso große Vielfalt an Prüfverfahren hierfür. In der Projektarbeit wurden diese Prüfverfahren für Dehnkörper- und Auszugversuche zusammengefasst dargestellt, bewertet und je ein vergleichendes Versuchsprogramm erstellt.

Der Wissensstand zu Carbonbeton mit Stabbewehrung ist hingegen weniger umfangreich. Daher wurden zunächst einaxiale Zug- und Auszugversuche aus dem Stahlbetonbau sowie Versuche an Stäben aus anderen Faserverbundkunststoffen zusammengestellt. Diese wurden auf die Anwendbarkeit für Carbonbeton mit Stabbewehrung untersucht und anschließend be-



Textilauszugversuch für Carbonbeton
Foto: Elisabeth Schütze

wertet. Mithilfe der als geeignet eingeschätzten Versuche wurde je ein Versuchsprogramm zur Auswahl von Prüfmethode zur Ermittlung des Zugtrag- und des Verbundverhaltens erstellt. Die entworfenen Versuchsprogramme stellen einen ersten Schritt zur Auswahl und Vereinheitlichung der Prüfmethode zur Materialcharakterisierung von Carbonbeton dar.

Jakob Bochmann

Gebäudeaussteifung eines mehrgeschossigen Krankenhausgebäudes über schiefwinklig orthogonalem Grundriss
(Projektarbeit)

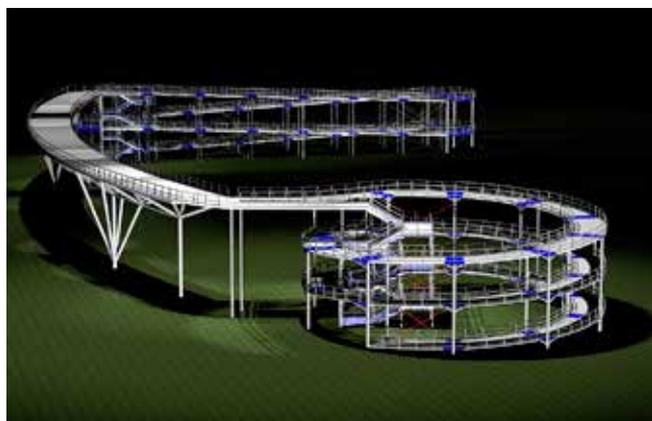
Die Aussteifungsbetrachtung von Gebäuden ist als komplexe Planungsaufgabe zu verstehen und erfordert ein umfassendes Wissen bezogen auf das Verhalten von Tragwerken unter horizontaler Belastung. Speziell unter Erdbebeneinwirkung ist ein tiefes Verständnis für das dynamische Verhalten von Tragstrukturen erforderlich. Damit ist hervorzuheben, dass bereits im Entwurfsprozess die Grundlage für ein günstiges Aussteifungssystem geschaffen wird. Am Beispiel eines Krankenhausneubaus im Universitätsklinikum Bonn wurden in dieser Arbeit verschiedenste Aussteifungsvarianten des Stahlbeton-Skelettbbaus untersucht und bewertet. Die Berechnungen erfolgten mit Hilfe von dreidimensionalen Computermodellen unter Einwirkung von Wind und Erdbeben. Somit konnten die Verformungen und Schnittkräfte der einzelnen Ausführungsvarianten ermittelt und verglichen werden. Außerdem war es möglich, die Zwangsspannungen der einzelnen Konfigurationen von Aussteifungselementen zu untersuchen.

Auf Grundlage der statischen Berechnungen wurde eine Vorzugsvariante erarbeitet. Zusätzlich flossen ökonomische, konstruktive und sogenannte „weiche“ Faktoren in die Entscheidungsfindung ein. Dabei spielte die Ermittlung der entstehenden Baukosten eine übergeordnete Rolle. Als Ergebnis der Arbeit wurden Beziehungen zwischen Steifigkeitsverteilung und Antwortverhalten der Konstruktion formuliert und die Wichtigkeit einer Variantenuntersuchung unter Einbeziehung der Baukosten dargestellt.

Davoud Akbari Barough

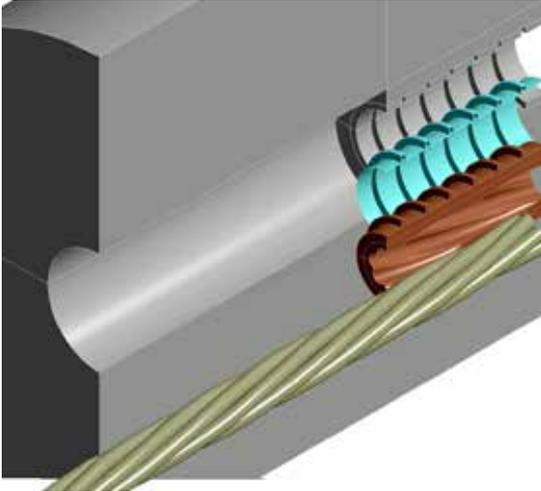
Entwurf und Bemessung einer Fußgänger- und Radfahrerbrücke über die Betuwe-Bahnlinie in Oberhausen
(Projektarbeit)

Heutzutage erfreuen sich Konstruktionen aus Hohlprofilen wegen ihrer vielfältigen Vorteile im Ingenieurbau zunehmender Beliebtheit. Als wichtige Vorteile sind Vormontagemöglichkeiten, geringes Eigengewicht und hohe Tragfähigkeit zu nennen. Diese günstigen Eigenschaften wurden auch in dem Entwurf einer Fußgänger- und Radfahrerbrücke über die Betuwe-Bahnlinie in Oberhausen ausgenutzt. Im Lauf der Projektbearbeitung wurde der ursprüngliche Entwurf eines zweidimensionalen Fachwerkes zu einem räumlichen Fachwerk erweitert. Die Gesamtspannweite von 82 m wird von zwei Randfeldern mit jeweils 16 m Spannweite und einem 50 m langen Mittelfeld überbrückt. Dieses Konzept passt sich gut in das flache Gelände ein und spiegelt Merkmale der früheren industriellen Architektur wieder.



Entwurf einer Fußgänger- und Radfahrerbrücke
Grafik: Davoud Akbari Barough

Der dreieckige Querschnitt besteht aus Kreishohlprofilen mit konstanten Außendurchmessern, wodurch eine ruhige gleichförmige Optik entsteht. Zur effizienten Ausnutzung des Materials wurden die Wanddicken der Hohlprofile entsprechend ihrer Belastung abschnittsweise angepasst. Durch die Vorfertigungsmöglichkeiten können die Bauzeit und vor allem die Montagezeit über der stark befahrenen Betuwe-Bahnlinie minimiert werden. Zusammenfassend kann man sagen, dass der gewählte Entwurf eine statisch, wirtschaftlich und architektonisch ansprechende Lösung für die benötigte Bahnquerung darstellt.



Modellierung der unterschiedlichen Bauteilkomponenten bei Spanngliedern im nachträglichen Verbund Grafik: Alexander Schumann

Alexander Schumann

Modellierung des Verbundverhaltens von Spanngliedern im nachträglichen Verbund (Projektarbeit)

Im Spannbetonbau ist der Verbundmechanismus zwischen den einzelnen Bauteilkomponenten ein komplexes, überaus essentielles Themengebiet des heutigen Bauingenieurwesens. So wurde das Verbundverhalten von Stahlbetonbauteilen oder Spanngliedern im sofortigen Verbund schon weitreichend erforscht und in vielen Publikationen behandelt. Im Gegensatz dazu ist der Forschungsstand zum Verbundverhalten von Spanngliedern im nachträglichen Verbund aktuell nicht so fortgeschritten. Aus diesem Grund wurde in dieser Arbeit das Verbundverhalten von Spanngliedern im nachträglichen Verbund untersucht und anschließend ein Verbundmodell entwickelt, das alle Nichtlinearitäten aus den Verbundfugen beinhaltet. Zusätzlich erfolgte die Implementierung des aufgestellten Verbundgesetzes in das FE-Programm ANSYS. Zur Modifizierung des Verbundmodells wurden ausgewählte Parameter des Verbundverhaltens analysiert und in das Verbundgesetz eingearbeitet. Anschließend wurden Vergleiche zwischen experimentellen Versuchen und numerischen Berechnungen – mit Integration des Verbundmodells – vollzogen. Somit konnte durch einen geringen Modellierungsaufwand eine gute Übereinstimmung zwischen Versuchen aus der Literatur und den FE-Simulationen erzielt werden.

Laura Gerbens

Kommunikation im Bausektor: Ziel- und Beziehungsgruppen, Kommunikationswege und -inhalte (Projektarbeit)

Im Zuge der Projektarbeit wurde die Baubranche in verschiedenen Sparten auf ihre Nutzung der Social Media hin untersucht. Dabei haben sich folgende Muster und Merkmale herauskristallisiert: Es konnte festgestellt werden, dass die den verschiedenen Bereichen der Baubranche (ausbildende und ausführende Baubranche, Wissenschaft) zuzuordnenden Zielgruppen bestimmte Netzwerke stärker nutzen als andere. Zudem hat sich in der Analyse herausgestellt, dass vor allem die Global Player die Möglichkeiten der Social Media nutzen. Kleinere, regionale Firmen sind zumeist nicht in den Portalen angemeldet. Ein Mehrwert für ein Unternehmen oder eine Institution kann jedoch nur durch eine aktive und durchgängige Teilnahme am Web 2.0 entstehen. Dabei ist es wichtig, auf Reaktionen anderer User einzugehen, auch einmal provokante Posts zu teilen oder direkte Fragen an die Nutzer zu stellen, um in eine Interaktion zu kommen. Bezüglich der Branchen ist festzuhalten, dass vor allem die ausführende und die ausbildende Baubranche am Social Web teilnehmen. In der Wissenschaft hingegen hat das Web 2.0 noch keinen Fuß gefasst. Die Ursachen dafür liegen teilweise in dem geringen Mehrwert, den sich Wissenschaftler dabei vorstellen können, sowie dem Aufwand der Pflege authentischer Profile.

Christine Beyer

Integrale Brücken – Parameter und Prinzipien des Entwurfes (Projektarbeit)

Ziel dieser Arbeit war, einen Überblick über Parameter und Prinzipien zu geben, die den Entwurf einer integralen Brücke beeinflussen, ohne dabei auf konkrete Berechnungen einzugehen. Dabei wurde zunächst eine Begriffsdefinition für die vorliegende Arbeit eingeführt und anschließend kurz auf die Geschichte und auch die Vorzüge des integralen Brückenbaus eingegangen. Um einen Überblick über die materialtechnischen Mechanismen zu schaffen, die zu den besonderen Beanspruchungen dieses Brückentyps führen, wurden die Baustoffe des Massivbaus unter diesem Aspekt erläutert. Ähnliche Bedeutung für den Entwurf von integralen Brücken



Semi-integrale Brücke „Insel in der Mur“ Foto: Sebastian Wilhelm

kommt dem statischen System des Tragwerks zu. Eine weitere Grundlage für das Verständnis der Wirkungsweise von integralen Bauwerken wurde gelegt, indem an einfachen Beispielen und Zusammenhängen die Entstehung von Zwangsschnittkräften aus unterschiedlichen Ursachen erläutert wurde. Mit Bezug auf diese Grundlagen wurden anschließend die einzelnen Parameter mit ihrem jeweiligen Einfluss auf den Entwurf einer integralen Brücke betrachtet. Dabei wurde auf das statische System, die Bauwerksgeometrie im Grundriss, die Bauteilform der einzelnen Bestandteile, die Baustoffwahl und die Bauwerk-Boden-Interaktion eingegangen. Aus den Parametern wurden anschließend Entwurfsprinzipien abgeleitet. Zusätzlich wurde die Gestaltung von integralen Brücken im Vergleich zu konventionell gelagerten Brücken aufgezeigt.

Qi, Linqian

Berechnung und Bemessung einer Flachdecke in einem Stahlbetonskelettbau und Vergleich einer Variante mit Vorspannung ohne Verbund

(Projektarbeit)

Flachdecken sind unterzuglose Decken, die punktförmig auf Stützen aufgelagert werden. Die flache Plattenunterseite bietet im Vergleich zu den linienförmig gestützten Platten eine Reihe von Vorteilen, wie z. B. Vereinfachung

der Schalung, Beschleunigung der Bauarbeiten, hohe Flexibilität für Umbau. Diesen Vorteilen steht der Nachteil des erhöhten Materialaufwandes gegenüber. Die Plattenhöhe wird durch die Begrenzung der Biegeschlankheit bemessen. Im Gegensatz zu den linienförmig gestützten Platten ist bei der Flachdecke die größere der beiden Ersatzstützweiten maßgebend, weshalb die erforderlichen Plattenhöhen größer sind. Über den Stützenbereichen muss zusätzliche Durchstanzbewehrung eingebaut werden, die nicht nur zu einer komplizierten Bewehrungsführung, sondern auch zu relativ großen Deckendicken führt. Diese Probleme können durch Vorspannung teilweise vermindert werden.

Bei der vorgespannten Flachdecke werden die verbundlosen Spannglieder nur im Bereich der Gurtstreifen in beiden Tragrichtungen eingesetzt, die eine ähnliche Wirkung wie Unterzüge haben, womit die Flachdecke als linienförmig gestützte Platte anzusehen ist. Hierdurch ist die Deckendicke infolge kleinerer Ersatzstützweite kleiner. Weil die Umlenkkräfte infolge Vorspannung den äußeren Beanspruchungen teilweise entgegenwirken, kann nicht nur die Mengen der Biege- und Durchstanzbewehrung vermindert werden, sondern sind auch die Durchbiegungen kleiner als im herkömmlichen Stahlbetonbau. Flachdecken aus Spannbeton sind außerdem dauerhafter und wirtschaftlicher als Stahlbetondecken.

Marco Richter

Entwurf und Bemessung einer Fußgänger- und Radfahrerbrücke über die Betuwe-Bahnlinie in Oberhausen

(Projektarbeit)

Im Stadtteil Oberhausen-Sterkrade soll auf der stillgelegten altlastenbereinigten Bergbaufäche der ehemaligen Zeche Sterkrade und den daran angrenzenden Flächen ein neues Quartier entwickelt werden. Kernstück der Aufgabenstellung war die Querung einer Bahnlinie, um damit den Volkspark und das Zentrum Sterkrades mit dem neuen Quartier zu verbinden. Nach der Analyse verschiedener Wegekonzepte wurden insgesamt drei Brücken-Vorentwürfe konzeptionell entwickelt. Dabei stellte sich eine Röhrenfachwerkkonstruktion als Vorzugsvariante heraus. Das primäre Tragprinzip teilt sich in eine Fachwerkkonstruktion unter der Fahrbahn und eine zylindrisch gebogene Überkonstruktion. Die Verkleidung der röhrenartigen Überkonstruktion mittels einer im Dunkeln beleuchteten Plexiglaskonstruktion und die Ausbildung der Fahrbahn aus begehbarem, rutschhemmendem Glas sorgen für ein transparentes Tragwerk. Dies ermöglicht Fachkundigen einen genauen Einblick in die Tragstruktur, sorgt bei Passanten für eine erlebnisreiche Überquerung der Bahngleise und dient gleichzeitig dem Schallschutz. Aufgrund der Ausbildung von Rampen im Erschließungsgebiet lässt sich die lichte Höhe von 6 m problemlos erreichen. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich die Brücke als Überführungsbauwerk ideal in die Umgebung einpasst. Als Teil des Naherholungsbereiches bietet das Konzept für Fußgänger, Kinder, Jogger, Inlineskater und Radfahrer sowie insbesondere für Menschen mit Handicap einen Verkehrsbe reich mit hoher Aufenthalts- und Erlebnisqualität.

having the contemporary elevation. Also mainly the BDA clause for planning was considered. Three different drafts have been worked out and compared due to space planning, cost efficiency, structural and architectural aspects. The preferred structure was designed based on IS codes, drafted and analysed using AutoCAD and ETABS respectively and finally visualized using Google Sketch Up. The structure is basically an RCC type and was designed using IS 456-2000. The load combinations were chosen per standards. All relevant limit states were considered in the design to ensure an adequate degree of safety and serviceability. Also limitations on deflection and cracking were regarded.

Vishnu Vijayakumar

Static analysis for a shell structure made of reinforced concrete

(Project Work)

A review of both historic and modern shell structures is presented chronologically. Furthermore the work includes a review of membrane theory and bending theory. The effects of structural constraints, load cases and discontinuities are discussed. Then static analysis of reinforced concrete shell structure is carried out manually. Then static analysis is also done using RFEM software. The results from the manual calculation and from the finite element analysis are compared. Then the design of reinforcements is also carried out. Then a static analysis of pantheon is carried out. The Pantheon is selected for its enormous dimensions and its excellent design. It is one of the most prominent Roman monuments. There are various theories proposed about the performance of its structural design and the materials which were used in its design. To evaluate and

Harshith Jagadish Gupta

Design of a commercial multi-storey building in Bengaluru/India

(Project work)

The task of the project work was to plan, elevate and analyse the design of a multi-storey commercial building in Bangalore/India. The building should have two levels and include a bank, a fitness centre and a restaurant. The building was planned by considering the surrounding area,



Commercial multi-storey building in Bengaluru/India
Graphic: Harshith Jagadish Gupta

understand its structural design and performance, a series of models is analysed. Then finally the conclusion is drawn by presenting the comparison of results.

*Concrete dome of the Pantheon in Rome
Photo: Ulrich van Stipriaan*



Mudar Hamsho
Investigation on the behaviour of reinforced concrete slabs under dynamic impact loading
(Project work)

In the frame of a research program at the TU Dresden, reinforced concrete slabs are tested in a drop-tower. The goal is to obtain a model with which the prediction of the structural behaviour of the slabs under high loading rates depending on different parameters can be done.

The global behaviour response of RC slabs with symmetric reinforcement without shear stirrups due to a hard impact projectile and a strain rate 10^{-1} 1/s has been addressed in this project work. A complex drop-mass apparatus is used to conduct experiments and investigations on the impact dynamic behaviour of RC slabs. The focus was on the response stage of the linear elastic field and how to correlate this response stage to the drop-height depending on raw experimental data. A process of data analysis has been carried out and analytical models based on multi-degree of freedom systems are shown. Moreover, an analytical model based on a system of single degree of freedom and different simplifications is adopted with different verification methods.

The model enables predicting bending response due to impact. The testing of 11 slabs with drop-heights of 1 to 4 m provides the required data to calibrate the analytical model as well as future numerical models.

Evans Amponsah
A discrete element approach to shock wave propagation and spall fracture
(Project work)

The failure of materials under high loading rates such as impacts, earthquakes and other dynamical loading can be linked to the propagation of shock waves through the material. One of such material failures is spalling. The aim of this project work was to simulate the propagation of shock waves in a thin cylindrical specimen made of concrete or steel and to study the phenomenon of spallation.

The specimen was spatially discretized into a number of segments with adjacent segments overlapping each other. The discrete element method (DEM) was used to simulate the propagation of the shock waves through the specimen. The specimen was subjected to an impact from only one end. It was observed that the shock wave propagated from the left (impacted) end of the specimen to the right end as a compression (loading) wave and was reflected as a tensile (unloading) wave after hitting the right boundary of the specimen.

The formation of spalls in the specimen began from the free (right) end of the specimen. Material properties such as the stiffness and density of the specimen as well as the impact velocity were factors that affected the propagation of the shock wave and the formation of spalls. The results of the simulation were consistent with observed

patterns of wave propagation and spallation found in literature and experimental results of other researchers. The use of the discrete element method to study the behaviour of materials under highly dynamic loading situations was found to be suitable.

José Alejandro Arellano Pericón

Alternative design of a valley bridge as integral construction with different systems for horizontal load bearing according to Eurocode

(Project work)

The main goal of the project is to evaluate the effect of various boundary system configurations to the stresses generated in the substructure due to horizontal braking loads. For this purpose, four systems were analyzed, in which the connections between the substructure and superstructure members alternated between bearing and monolithic connections. Subsequently, one system was chosen for its conceptual design. In this context, the development of the analysis is divided into five subtopics that constitute the main body of the project including a myriad of design aspects, from topics related to the construction site conditions to final conclusions based on the results. The principal aspects described herein are the geometry of the bridge in its longitudinal and transverse section, material properties such as concrete, reinforcement steel and prestressing steel, the different connection systems, the methodology followed during the numerical and analytical analysis, the result findings supported by deformations of the structure and internal-force diagrams and the final conclusions. Finally, after carrying out an exhaustive and detailed analysis of the four systems, the first one – a floating system in which the superstructure is supported under bearing pads – constitutes the best option based on its efficient behaviour to distribute forces from the superstructure to the piers.

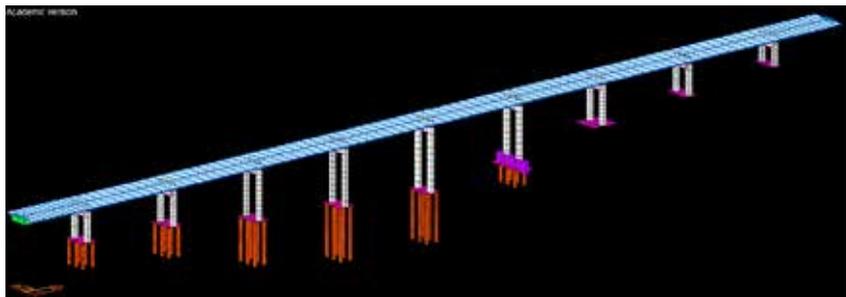
Strahinja Djukanovic

A discrete element approach to shock wave propagation and spall fracture

(Project work)

Besides its well-known static properties, which make concrete the mostly used material for massive construction, this material offers a fascinating variety of dynamical effects which are of both theoretical and very practical interest. More and more, concrete's behaviour on high stress rates becomes relevant for construction. The task of this project work is to explore the suitability of the discrete element method (DEM) for the study of concrete's behaviour in highly dynamical stress and strain situations. For that purpose, shock wave propagation in a thin rod made of concrete shall be simulated first by a minimalistic approach. According to simulation model of Dirk S. Reischl, specimen is considered to consist of a number of pairwise mutually overlapping segments (or slices or discrete elements), which interact according to a given constitutive law. One of the tasks is to refine constitutive law for element-element interaction in order to obtain results which are plausible and in accordance with experimental counterparts. Parameters which are sufficiently satisfactory and in accordance with real experiments are named starting input parameters. After this, parameter study is done with variation of main input parameters and obtained suitable results which are compared between each other and with starting input parameters as well. At the end conclusion about plausibility, utility and significance of using of the DEM simulation script for wave propagation and spall fracture phenomenon investigation is made.

Bridge model,
MIDAS Civil
Graphic: José Alejandro
Arellano Pericón



Konstantin Platonov

Evaluation of different structural girder connectors in composite precast beam bridges

(Project work)

Composite precast construction combines the advantages of both composite construction – maximum material efficiency and great freedom of design – with those of precast construction – building in traffic and quick mounting. During the construction in order to keep the girders remaining in tolerable position the girder connectors have to be installed right after the mounting of precast composite girders until the concrete slab is casted. The girder connector should have the potential to be installed fast and easily, without welding and be limited to strictly necessary dimensions. Due to lack of normative regulations, design of connectors is done according to simplified assumptions which don't consider particular load effects, such as vertical tolerances of adjoining girders. In this work, FE-based study evaluates the girder connectors considering load effects from tolerances and currently used assumptions as well. Parametric study based on simplified design was carried out to investigate the influence of assumptions on the internal forces in the connection; in particular, influence of its dimensions on the result.

Ramin Panahi Bazaz

Design of the FIFA World Cup stadium Nizhni Nowgorod

(Project work)

The project is defined to design a stadium for the Football World Cup in Nizhny Novgorod (Russia). The stadium will be erected on a small island which is surrounded by the rivers Oka and Wolga. This project pays special attention to the following



Stadium with facade design
Graphic: Ramin Panahi Bazaz

considerations: 45.000 spectators, the tribunes should be formed to achieve excellent viewing, all the seats have to be covered, FIFA regulations should be considered in all parts of design, three different possible solutions should be given for roof structure, structural calculation for one of the sketched roof options and choosing the type of connections and junctions. The design was done with attention to the mentioned criteria above. The most important part of the report was the design and the calculations related to the roof, as the roof system is the most challenging part of a stadium design. Therefore we will focus of this issue more rather than other parts. After the preliminary design three different variants for roof structures has been investigated. Then – with attention to their advantages and disadvantages – one of them was choose as final variant and related calculations were done on it.

Sai Murali Hari Prasad

Numerical investigation of dynamic concrete behaviour

(Project work)

Dynamic behaviour is the behaviour of a material under loading frequencies and it is vastly dependent on the strain rate and pressure during an impact or explosion. Tests in a split-Hopkinson pressure bar (SHPB) are a common method used to characterize materials under high strain rates. The dynamic concrete behaviour is studied numerically by commercial finite element software LS-Dyna by simulating the SHPB test. The specimen is hit by the striker at different velocities to generate the strain rate. Different material models are employed in LS-Dyna to study the effects of concrete during impact loading. The models were analysed numerically. A comparative study on the DIF is also made for each material model.

Majid Ranjbarian

FE calculation and optimization of an RC structure subjected to a dynamic excitation with variable frequency

(Project work)

Sizing, shape and topology optimization problems address different aspects of structural design problems. In this project work, an iterative approach based on fully stressed technique is introduced to optimize a reinforced concrete beam under static load and dynamic excitation, which leads to size and shape optimization. The

approach is characterized with a modification function and based on the concrete strain ratio of elements. Dimensions of the model are re-sized for next iteration. By some assumptions, the reinforcement of elements is until the initial stage constant. At the end, by changing the reinforcement for the elements, many fully strained structures are collected and finally by comparison of volume or cost, the optimized structure is chosen. The assumption of constant reinforcement makes the algorithm more efficient, by disregarding the analysis of many unnecessary models. In case of failure, a penalization function is used to be able to continue the iterations. For static case, the approach leads to a collection of fully strained structures. For dynamic case, the approach does not lead to a fully strained structure, because of different modes of response and contradictions between different time steps. The concept of strain ratio thresholds is used to provide the re-size scheme with enough information. Even in dynamic case, the reduction of consumed material is considerable. For finite element analysis, a powerful software Confem is used.

Kirmanji Syed Maajid

Prestressed precast concrete beam bridge design

(Project work)

This project work was aimed at the design of the superstructure of a precast prestressed concrete beam bridge utilizing the AASHTO LRFD Design Specifications. The bridge is skewed and has two spans carrying two traffic lanes on each direction separated by a median barrier. A preliminary design was undertaken to analyse three expedient options by varying the type of beam and the spacing among the beams. An optimal option was chosen and the final design was carried out for the selected beam and spacing configuration. At first, the deck thickness was estimated. Afterwards, the effects of the dead load acting on the non-composite section (girder, haunch, deck slab) as well as on the composite section (concrete barriers, utilities, wearing surfaces) were calculated. Live load effects were based on the HL-93 loading and were further incorporated into the design calculation by applying the corresponding distribution factors for both interior and exterior girders. Snow and earthquake loads were neglected. The long-term and short-term prestressing force losses were calculated and temperature and time dependent effects of shrinkage and

creep were taken into consideration. Strands were provided to carry the flexure demands in the structure and a comprehensive design for shear was also completed. Subsequently, the required flexural design checks under different service limit states were performed. All the specified and necessary checks were satisfied in accordance to the LRFD Design Specifications.

Mahar Arslan Gul

Prestressed precast concrete beam bridge design

(Project work)

This project comprises the design of the superstructure of a precast, prestressed beam bridge in accordance to the AASHTO LRFD Design Specification. At first, three possible options were found by varying the type of beam and spacing. Afterwards the most feasible option was selected, and a final design of such structure was carried out. The effect of the live load was calculated along the length of the bridge considering an HL-93 truck. Dead load moments due to beam, slab, wearing surface, attachments, median, concrete barriers, and stay in place forms were also calculated. Service stresses were calculated considering temperature and time dependent creep and shrinkage effects. Snow and seismic loads were neglected. For calculating the capacity of the superstructure elements, guidelines provided by AASHTO LRFD bridge design specifications were used. At last, the required number of strands and shear reinforcement were calculated for the I-shaped section FIB-36.

Sevket Burak Ertoglu

Conceptual analysis of a highway segmental box girder bridge

(Project work)

This project work comprises the conceptual design of a highway precast segmental box girder bridge. The scope of the work includes developing two alternate designs – one for a single cell box girder, another for a double cell box girder – and performing a longitudinal and transverse analysis of the superstructure. Construction methods and a feasible construction sequence are also proposed in this work.

The proposed bridge consists of a four-span hunched box girder with 277 feet and 225 feet exterior spans and 362 feet and 317 feet interior

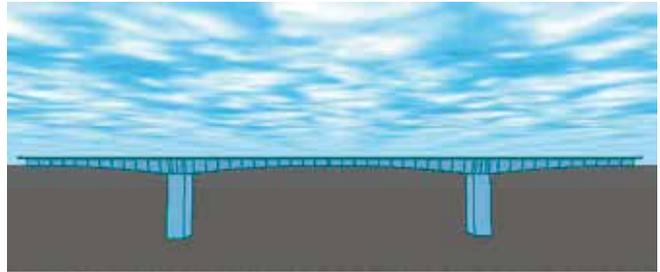
spans. The width of the bridge deck is 69 feet 4 inches, which will accommodate four lanes of traffic, each 12 feet wide, plus 12 feet right and 6 feet left shoulders. The proposed bridge is designed to carry five lanes of traffic. The design of the proposed bridge is carried out in accordance to AASHTO LRFD Bridge Construction Specifications, 6th edition, 2012. It is assumed that the bridge will be located in Minnesota, US. Therefore, MnDOT Standard Specification for Construction, 2009 edition, is also taken into consideration to design the bridge. For concrete time dependent properties, CEB-FIB, 1978, third edition is used. The longitudinal and transverse analysis of the superstructure is performed using MIDAS Civil engineering software. The bridge is modelled as a single spline for analysis. The longitudinal analysis of the bridge is performed by using construction stage analysis. The software has the capability to analyse each step of the bridge construction.

Muhammad Raza Mukarram

Load rating evaluation of a cast in place concrete box bridge using the load and resistance factor rating (LRFR) method

(Project work)

The live load capacity of a bridge is the capacity beyond permanent and other transient loads (time dependent loads) that can be safely carried by a bridge. Within this project, the load rating of an existing bridge was conducted. As part of the analysis process, a load rating criteria for the bridge in particular was developed which included load factors, limit states, live load definition, live load usage, and recommended posting procedures. A structural model was created using MIDAS Civil. The flexural and shear capacity of superstructure elements was calculated, along with the effects of permanent and transient load demands. Temperature and time dependent effects of creep and shrinkage were investigated. The structure was load rated for the design live load HL-93. The bridge under consideration is a cast in place concrete box bridge with a single cell. The structure has a total length of 140 meters and a width of 13.4 meters, and it consists of three spans with lengths of 37.5 m, 65 m and 37.5 m respectively. The analysis indicated that the flexural capacity of the bridge at the side span was not sufficient for the load demands.



Rendering of Proposed construction sequence in MIDAS Civil

Graphic: Sevket Burak Ertoglu

Rabeen Jacob Naduvathezhath Cyril

Alternative design of a valley bridge as integral construction with different systems for horizontal load bearing

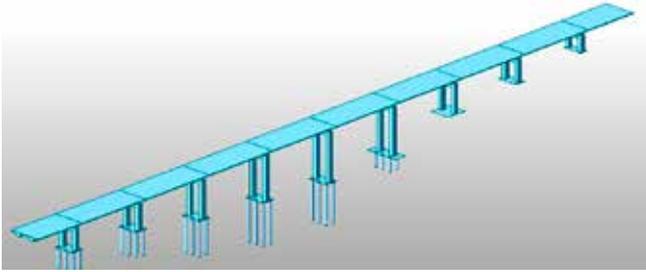
(Project work)

According to AASTHO LRFD and to well-known design principles, a bearing is a structural device that transmits loads while facilitating translation and/or rotation. The transfer of vehicular and other imposed loads from the superstructure to the substructure is transferred by bridge bearings to the substructure, and ultimately, to the ground.

During bridge construction and service life, the superstructure of a bridge experiences movement due to various reasons such as temperature effects, earthquakes, moving loads, concrete creep and shrinkage etc. In order to prevent large horizontal forces being applied to the piers, bearings are used to accommodate these forces. All bridges are not connected between the superstructure and substructure with bearings or by a monolithic, integral construction. In any case, the design of the substructure must account for the extra forces and moments caused by the horizontal actions.

This project work comprised the alternate analysis of a valley bridge as an integral construction with different systems for the horizontal bearing, which included proposing a suitable system and developing the design of the intermediate piers for the worst loading case. Construction stage analysis was also defined and analysed in various stages. The interaction between the foundation and the soil was modelled based on geotechnical data provided from in-situ tests.

At first, a detailed analysis of the different systems of bearing for various loading conditions and



Rendering of structural model
Graphic: Rabeen Jacob Naduvathezhath Cyril

tant to determine the actual contribution of the added reinforcement. Within this project, the structure was analysed using MIDAS Civil and the guidelines provided by AASHTO LRFD Bridge Design Specifications. Furthermore, it provides recommendations to refine the methods of analysis. In this case, a refined model using MIDAS Civil was carried out, with the purpose of estimating the stress in unbonded prestressing tendons considering that there are also bonded tendons in the span under consideration.

support conditions was conducted. Based on the results obtained, a suitable system was selected for which a design of the intermediate piers for the strength limit state was completed. Service requirements were checked. For comparison purposes, one of the pier, from the integral system, was designed.

Amair Jafri

Stress in prestressing steel for bridges with bonded and unbonded tendons

(Project work)

The objective of this research was to estimate stresses in unbound prestressing tendons that are used in combination with bonded tendons in a bridge. External prestressing tendons are often provided to strengthen existing structures due to higher traffic demands. In such a case, it is impor-

To check the stresses and to compare the resulting values from the values suggested by code, two separate analyses were run. A simplified analysis was conducted using the equations provided by the code to calculate the tensile prestress in the bonded tendons. A detailed analysis was conducted using both the strain compatibility method to calculate the tensile prestress in the bonded tendons, and the global state of strain in the span under consideration to estimate the tensile prestress in the unbonded tendons. The global strain values were extracted from the Midas analysis, and the tensile stress, in the unbonded tendons, was calculated using the stress-strain relationship given by the material law of the tendon. The stress values calculated using the code equation and the simplified method were similar to those calculated using a detailed analysis.

DIPLOMARBEITEN MASTERARBEITEN BACHELORARBEITEN

IM JAHR 2015

Die Diplom- bzw. die Masterarbeit bildet den berufsqualifizierenden Abschluss des Studienganges. In der Abschlussarbeit sollen die Studenten an einem komplexen Ingenieurproblem die eigenständige wissenschaftlich-methodische Vorgehensweise demonstrieren und somit zeigen, dass sie die für den Übergang in die Berufspraxis notwend-

gen gründlichen Fachkenntnisse erworben haben. Das Fernstudium kann man außerdem mit dem Bachelorabschluss beenden. Die Bachelorarbeit soll zeigen, dass der Studierende in der Lage ist, innerhalb einer vorgegebenen Frist Probleme des Studienfaches selbstständig nach wissenschaftlichen Methoden zu bearbeiten.



Händischer Aufbau einer Hängebrücke in Vietnam
Quelle: <http://www.akademie-integra.wordpress.com>

Johannes Schmidt

Weiterführende Entwurfsplanung und Optimierung des Lagerungssystems in Brückenlängsrichtung am Beispiel der Hangbrücke Würzgau

(Diplomarbeit)

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach, Martin Just M.Sc., Dipl.-Ing. (FH) Werner Kuhnlein (SRP Schneider & Partner Ingenieur-Consult GmbH, Kronach)

Im Zuge der Bundesautobahn 70 Bamberg–Bayreuth befindet sich die spannungsrissskorrosionsgefährdete Hangbrücke Würzgau. Für das Bauwerk wurde ein Ersatzneubau veranlasst. Als Ergebnis einer Vorplanung wurde ein zweistegiger, über elf Felder durchlaufender Spannbetonplattenbalken mit einer Gesamtlänge von 403 m als Vorzugsvariante gewählt. In der Diplomarbeit wurde der weiterführende Entwurf gemäß Leistungsphase 3 beschrieben und das Lagerungssystem in Brückenlängsrichtung optimiert. Die Machbarkeit der Brücke wurde durch eine statische Vordimensionierung nachgewiesen. Ferner wurden ein Erläuterungsbericht und eine Kostenberechnung erstellt. Beim Brückenentwurf wurden die geografischen und geologischen Randbedingungen berücksichtigt. Eine Besonderheit des Entwurfs stellte die Lage des Bauwerks dar. Die Brückenkonstruktion ist aufgrund des bewaldeten Hanges und des danebenliegenden, höhergelegenen nördlichen Teilbauwerkes nur aus nächster Nähe sichtbar. Ferner ist mit potentiellen Hangrutschbewegungen zu rechnen. Unter Berücksichtigung aller Randbedingungen wurde ein robustes und dauerhaftes Brückenbauwerk konzipiert, welches wirtschaftlich herzustellen und zu unterhalten ist.

Bei langen Brückenbauwerken sind zudem hohe Horizontalkräfte in Brückenlängsrichtung abzutragen. Der Abtrag der Horizontalkräfte ist dabei wesentlich durch die Lagerung in Brückenlängsrichtung bestimmt. Ausgehend von einer mittigen Festpunktlagerung wurde überprüft, wie viele Stützen bzw. Stützenachsen mit Festlagern ausgestattet werden müssen, um ein Optimum hinsichtlich der Lagerung in Längsrichtung zu erhalten. Unter Berücksichtigung der Horizontalsteifigkeit des Brückensystems in Längsrichtung wurden mehrere Festpunktvariationen untersucht. Anhand eines Variantenvergleiches zeigte



Visualisierung der Hangbrücke Würzgau (rechts) neben dem Bestandsbauwerk
Fotomontage: Johannes Schmidt

sich, dass die zweiachsige Festpunktanordnung in den zwei mittleren Stützenachsen ein Optimum hinsichtlich der Lagerung in Brückenlängsrichtung darstellt.

Stefan Pröhl

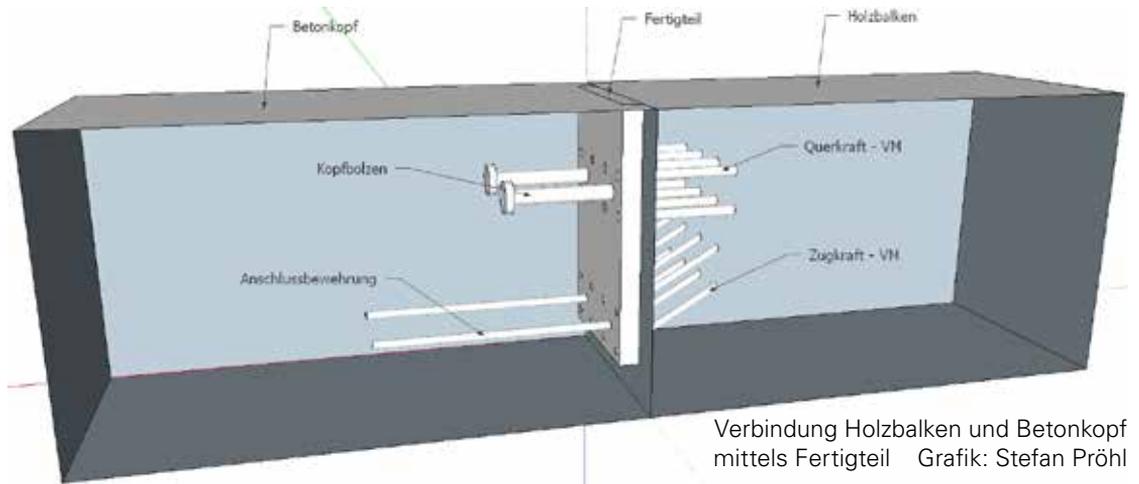
Holzbalkensanierung mit Betonköpfen

(Diplomarbeit)

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach, Dipl.-Ing. Robert Zobel, Dipl.-Ing. Michael Koban (Koban + Schuckert Ingenieurgesellschaft mbH, Dresden)

Bei Holzbalkendecken treten Schadensfälle häufig im Bereich der Balkenköpfe in Außenwänden auf. Feuchtigkeit, Pilz- oder Insektenbefall oder Querschnittsschwächungen infolge von Aussparungen sind Ursachen für die Schäden an Balkenköpfen. Eine Variante der Sanierung sind Betonköpfe. Dies eröffnet die Möglichkeit, marode Holzbalken ohne spezielle Baustoffe oder Baupraktiken im Bestand zu erhalten, sondern nur mit Beton und Stahl zu sanieren, was aus Sicht des Brand- und Schallschutzes oft ohnehin erforderlich ist. Die bestehenden Nachteile der bisherigen üblichen Sanierungsvarianten wie spezielle Anforderungen an Balkengeometrie, Baustoffe oder Ausführung werden dabei überwunden.

Hierbei steht die Kraftübertragung zwischen Holzbalken und Betonkopf im Vordergrund – speziell die Kraftübertragung mittels im Hirnholz eingebrachten Stahlverbindungsmiteln. Diese wurden



anhand verschiedener, nach dem Energieprinzip optimierter Stabwerkmodelle untersucht. In Kombination mit den Erkenntnissen früher durchgeführter Varianten durch die Firma Koban + Schuckert Ingenieurgesellschaft mbH wurden drei Varianten entworfen und auf Tauglichkeit und Praxisnähe geprüft. Die wirtschaftlichste Variante stellt ein Fertigteil dar. Der Vorteil hierbei besteht darin, dass die auf der Baustelle durchzuführenden Prozesse auf ein Minimum begrenzt werden und dennoch eine gewisse Flexibilität vorhanden ist. Der größte Teil der Verbindung kann vorgefertigt werden und wird auf der Baustelle nur noch nach den berechneten Vorgaben zusammengefügt. Hierbei dient das Stahlblech gleichzeitig als Schablone für die Verbindungsmittel und gibt das werkseitig eingefräste Bohrungs raster vor. Bauseitig wird dieses an die Stirnfläche des gekürzten Holzbalkens angelegt und im Anschluss mit den Verbindungsmitteln befestigt. Je nach Belastung wird dann die erforderliche Verbindungsmittelanzahl eingeschraubt. Durch die Verwendung selbstbohrender Holzschrauben ist ein Vorbohren als zusätzlicher Arbeitsschritt nicht notwendig.

Thomas Pilorgé

Nachrechnung einer historischen Mauerwerksbrücke mit verschiedenen Methoden
(Diplomarbeit)

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. habil. Ulrich Häußler-Combe, Dipl.-Ing. Jörg Weselek

Eine historische Mauerwerksbrücke, das Himbächel-Viadukt in Hessen aus dem Jahre 1880, wurde mit verschiedenen Methoden nachge-

rechnet. Erstens waren die Eigenschaften des betrachteten Mauerwerks und die anzuwendenden Lastannahmen zu untersuchen. Weiterhin wurden parallel zwei Nachrechnungen der Brücke durchgeführt: eine Handrechnung und eine FE-Berechnung mit einem Finite-Elemente-Programm.

Die Eigenschaften des Mauerwerks waren zu schätzen, da keine Proben aus der Brücke zur Verfügung stehen. Die Gesteinscharakteristika wurden nach einer Studie der Steinbrüche der Region gewählt. Des Weiteren wurden die Eigenlasten direkt aus den Baustoffeigenschaften ermittelt und für Verkehrslasten wurde das Verkehrsmodell LM-71 (DIN EN 1991-2) angewendet. Für die Handrechnung wurde die Stützlinientheorie angewendet, die im 19. Jahrhundert entwickelt wurde, um die Stabilität von Gewölben zu bewerten. Die Stützlinie ist die Linie, auf welcher die aus der Belastung entstehenden Normalkräfte verlaufen. Solange die Stützlinie – geometrisch betrachtet – innerhalb des Gewölbes liegt, ist das Gewölbe stabil.

Für die FE-Berechnung sind ein Makro- und ein Mikromodell erstellt worden. Anhand letzterem konnte das Verhalten des Mörtels und Gesteins kleinmaßstäblich ermittelt werden. Nachfolgend ist entsprechend der Anordnung der Steine des Mauerwerks ein homogenisiertes Modell für einen orthotropen Baustoff abstrahiert worden. Dieses konnte weiterhin validiert und zur Verwendung für die Brücke im Ganzen herangezogen werden. Eine linear-elastische und eine nicht-lineare Berechnung wurden anschließend durch-

geführt. Spannungen in der Struktur konnten erkannt und mit den möglichen Grenzspannungen verglichen werden. Es stellte sich heraus, dass an keiner Stelle des Tragwerks die Tragfähigkeit gefährdet ist. Beide Methoden führen also zu einer positiven Bewertung der Struktur und bekräftigen einander.

Daniel Weinert

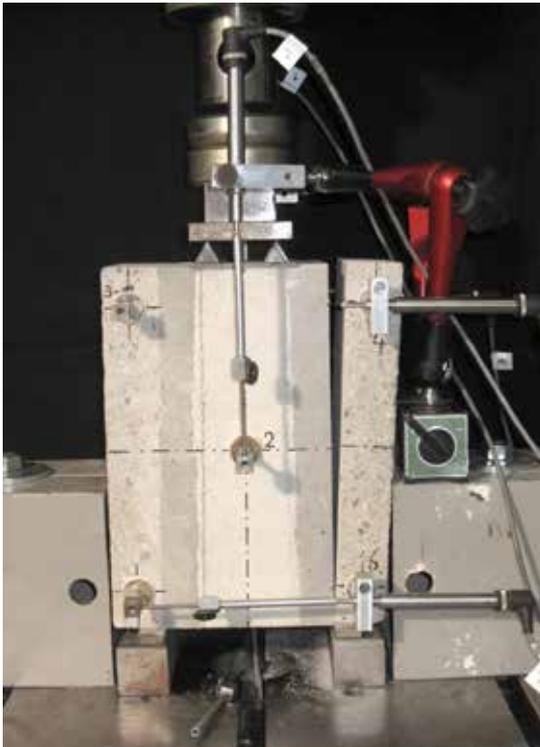
Untersuchungen des Tragverhaltens von Schubfugen zwischen Normal- und Leichtbetonen

(Diplomarbeit)

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach, Dipl.-Ing. Michael Frenzel

Bei geschichteten Betondecken ohne Schubbe-
wehrung hängt die Tragfähigkeit des Bauteils
von der Zugfestigkeit des Kernbetons und der
Haftzug- und Haftscherfestigkeit der Grenzfläche
zwischen den beiden Betonen ab. Zur Untersu-
chung der Tragfähigkeit von Schubfugen wurden
die Tragmechanismen und Einflussfaktoren
sowie die in der Literatur vorhandenen Berech-
nungs- und Versuchsmodelle zusammengestellt,

analysiert und miteinander verglichen. Darauf auf-
bauend erfolgte die Auswertung der am Institut
für Massivbau der TU Dresden durchgeführten
Haftzug- und Haftscherfestigkeitsprüfungen. Bei
den Versuchskörpern wurden die Oberflächen
glatt, gerecht und verzahnt ausgeführt sowie
die beiden Leichtbetone Infraleichtbeton und
Porenleichtbeton als Kernschichtmaterial ein-
gesetzt. Die anderen Schichten bestanden aus
Normalbeton bzw. Leichtmauermörtel. Zusätzlich
zu der Bestimmung der Tragfähigkeit sind mittels
induktiver Wegaufnehmer die Verformung der
Druck- und der Zugzone sowie die vertikale Ver-
schiebung in der Probenkörpermitte gemessen
und die Rissbilder dokumentiert worden. Dabei
war festzustellen, dass die Probekörper mit einer
rauen und verzahnten Oberfläche höhere Tragfä-
higkeiten besitzen als die mit glatt ausgeführten
Fugen. Die Fugen mit Infraleichtbeton zeigten
eine höhere Tragfähigkeit als die mit Porenleicht-
beton. Abschließend wurden mehrere analytische
Modelle, die auf der Balkentheorie und auf Stab-
werkmodellen basierten, und ein numerisches
Modell mit dem Programm Atena entwickelt, um
die gewählte experimentelle Versuchsdurchfüh-
rung zu simulieren.



Versagen der Schubfuge zwischen Normal- und
Leichtbeton Foto: Michael Frenzel

Andrés Marzal Alfaro

One step to 1,000 textile reinforced concrete bridges

(Diploma thesis)

Supervisor: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach, Dr.-Ing. Harald Michler

This project focuses on the use of textile reinforced concrete (TRC) in the design of a bridge. An interesting project in Vietnam is used as a background for this study. The government of Vietnam has a challenging plan to improve the infrastructure in isolated rural areas. Therefore, the main aim is to develop a bridge model that can be applied at different locations. For it, a suspension bridge has been chosen as possible solution because of its adaptability properties and its characteristics. The deck solution that was developed in this project should be suitable for spans ranging between 40 and 150 m. The solution adopted for the deck is based on combining conventional concrete with TRC. Stay-in-place forms (SIP) made only of textile reinforced concrete, define the deck shape. The main dimensions for each SIP form are 5 m length, 2.40 m width and 0.30 m height with a thickness of only 4 cm. The reinforcement of the SIP

elements consists of two layers of carbon textile. Moreover, the forms must be manufactured in a specialized factory and then be transported to the construction site. Then, after erection, the required steel reinforcement is arranged on the SIP at the proper location. Afterwards, casting of concrete takes place allowing the deck to behave as a continuous element. The best feature of this system is the possibility of adapting and implementing it for a wide range of span lengths.

Theresa Leschik

Textilbetonelemente für Hängebrücken in Vietnam

(Diplomarbeit)

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach, Dr.-Ing. Harald Michler

Diese Diplomarbeit betrachtet, inwiefern ein Standardbrückendeck aus Textilbeton für eine Fußgänger-Hängebrücke in Vietnam entwickelt werden kann. Mit dem Ziel, die schadensanfälligen Holzbrücken durch langlebigere zu ersetzen, wurde Textilbeton auf seine Tragfähigkeit und Ausführbarkeit hin untersucht. Zusätzliche Tragelemente wie Seile oder Pylone wurden nicht näher analysiert. Zur Untersuchung der Deckelemente wurden Randbedingungen erörtert, nach denen die Brücke 40 bis 150 m überspannen und auf zwei Meter Breite Fußgänger und Mopeds über unbekannte Hindernisse führen soll. Für eine realisierbare Montage wurde eine Segmentierung in ein Meter lange Elemente und eine Gewichtsgrenze auf 160 kg vorgesehen.

Es wurden sechs Querschnittsvarianten verglichen, von denen jeweils zwei eine ähnliche Konstruktionsidee verfolgen. Die eine Hälfte ist als gelenkig verbundene Stabkette gedacht, während die andere durch eine Ortbetonschicht biegesteif zum Durchlaufträger verbunden wird. Für beide statischen Ideen wurde ein Näherungsverfahren vorgestellt und anschließend eine Bemessung mit Hilfe eines Statikprogramms (Dlubal) erstellt. Da im gelenkigen Fall die Lasten auf jedes Element separat wirken, wurden diese mit RFEM einzeln modelliert. Für die biegesteifen Varianten wurde zuerst nachgewiesen, dass diese einer Belastung durch den Einbau von Frischbeton widerstehen können, und anschließend, welche zusätzlichen Lasten durch unsymmetrische Belastung des Gesamtsystems auftreten. Anhand exemplarischer Spannweiten wurden für die

Vorzugsvariante „U-Profil in Sandwichbauweise“ die erforderlichen Nachweise geführt. Zur Vermeidung großer Durchbiegungen aufgrund von Temperatureinwirkungen wurde eine Längsüberhöhung von 2 % vorgesehen. Biegemomente und Querkräfte können mit fünf Lagen textiler Bewehrung abgetragen werden. Abschließend wurde für ausgewählte Detailprobleme eine konstruktive Durchbildung vorgeschlagen.

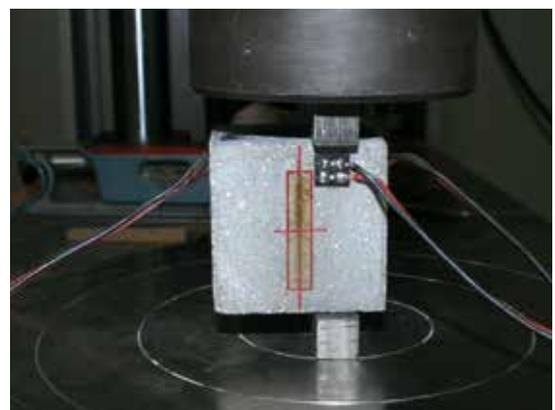
[siehe Foto am Anfang des Kapitels!]

Jakob Bochmann

Textilbeton im einaxialen Druckversuch – Entwicklung eines geeigneten Prüfaufbaus
(Diplomarbeit)

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach, Dr.-Ing. Silke Scheerer, Dr.-Ing. Frank Jesse (Hentschke Bau GmbH, Bautzen)

Textilbeton ist ein recht neuer Hochleistungswerkstoff. In den vergangenen Jahren wurde sein Tragverhalten bei Zug und Biegezug umfangreich untersucht. Zum Drucktragverhalten ist aber bisher nur relativ wenig bekannt. In der Diplomarbeit wurden Vorarbeiten zu einem DFG-Forschungsprojekt zu diesem Thema durchgeführt. Die Basis der Arbeit bildete eine Literaturrecherche. Zwei Masterarbeiten der BTU Cottbus waren von besonderem Interesse, da sie sich mit der gleichen Thematik beschäftigt haben. Auf Grundlage der Erkenntnisse und Probleme dieser Arbeiten konnte eine Optimierung des Versuchsaufbaus und eine Bewertung der Prüfkörpergeometrie vorge-



Exzentrische Belastung, um den Einfluss der Betonierrichtung auf das Verformungsverhalten einer Betonprobe zu untersuchen
Foto: Jakob Bochmann

nommen werden. Die Bewertung der Qualität der Probekörper erfolgte mit einer FE-Simulation mit dem Ziel, die Abhängigkeit des Spannungszustandes von der Schiefheit der Probe zu untersuchen. Diese Untersuchungen führten letztendlich zu der Erkenntnis, dass ein Versuchsaufbau mit Belastungsbürsten und Kalotte zu empfehlen ist. Mit Hilfe von einer Stahlprobe und unbewehrten Betonproben konnten die Versuchsvorrichtung und der Versuchsablauf weiter optimiert werden, bis eine annähernd homogene und zentrische Belastung gewährleistet werden konnte. Ein weiterer Schwerpunkt bestand in der Auswahl von geeigneten Messmitteln, welche es erlauben, die Längs- und Querdehnung auf allen Seiten und in allen Richtungen gleichzeitig aufzunehmen. Dazu wurden verschiedenste Messmittel wie Extensometer, Dehnmessstreifen, induktive Wegaufnehmer und auch die Photogrammetrie an bewehrten und unbewehrten Betonproben getestet und miteinander verglichen. Letzten Endes war es möglich, einen optimierten Versuchsaufbau aufzuzeigen und eine Empfehlung für geeignete Messvorrichtungen für die zahlreichen Hauptversuche im Forschungsprojekt auszusprechen.

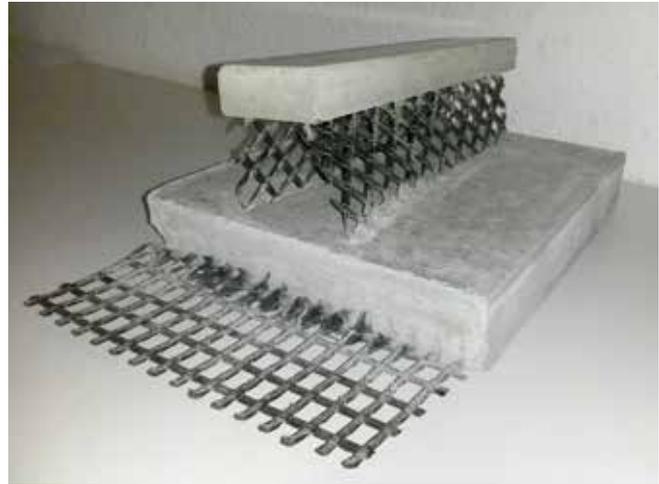
Sascha Hintze

Filigranfertigteile auf Basis von Textilbetonelementen

(Diplomarbeit)

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach, Dr.-Ing. Harald Michler

In der Diplomarbeit konnten zwei Systeme entwickelt werden, Textilbeton auf das Prinzip der Filigranfertigteilebauweise zu übertragen. In der ersten Variante wurde die untere Bewehrungslage vollständig durch ein Carbongelege ersetzt, was ohne große Forschungsarbeit realisierbar ist. Für die Bewehrung dieser Variante wird die bereits allgemein bauaufsichtlich zugelassene Carbonbewehrung eingesetzt. Als Gitterträger selbst sollen weiterhin die im Stahlbetonbau üblichen Elemente verwendet werden. Die Carbonbewehrung wird vollständig im Fertigteilwerk eingelegt, so dass auf der Baustelle keine Veränderungen in den Arbeitsmethoden notwendig sind. Entwicklungsbedarf besteht hinsichtlich der Bewehrung. Beispielsweise sollten die Bewehrungsflächen



Textilbetonhalbfertigteilelement mit modifiziertem Gitterträger aus Beton und Carbon Foto: Sascha Hintze

der Gelege variiert werden. Für die zweite Variante wurden neben der flächigen Bewehrung auch die Gitterträger durch entsprechende textile Elemente ersetzt. Für die Umsetzung sind vor allem verschiedene Traglastversuche an den entwickelten modifizierten Gitterträgern durchzuführen. Dabei sind das Verhalten bei Biegung sowie die Steifigkeit des Gesamtsystems zu bestimmen. Die verschiedenen Elemente wie Diagonalen, Obergurt und Plattendicke sind dabei zu variieren. Außerdem müssen die Herstellungsmethoden sowohl im Fertigteilwerk als auch auf der Baustelle angepasst werden.

Die erste Variante bietet die Möglichkeit, den Textilbeton kurzfristig in größerem Umfang im Baualltag zu etablieren. Darauf aufbauend besteht für die Zukunft die Möglichkeit, auch die Variante 2 zu etablieren und den Stahlbedarf in der Bauindustrie deutlich zu senken.

Marcus Hering

Einfaches Bemessungsmodell für die Darstellung des Verhaltens von Stahlbetonplatten unter Impaktbelastung

(Diplomarbeit)

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach, Tino Kühn M. Sc., Martin Just M. Sc.

Die Ereignisse der letzten Jahre zeigen, dass die Bemessung von Stahlbetontragwerken gegen Flugzeugabstürze, Fahrzeuganpralle und Explosionen kein rein theoretisches Problem im Bau-

ingenieurwesen darstellen. Diese Szenarien werden derzeit in den Bemessungskonzepten und Modellen oftmals als statisches Problem mit dynamischen Erhöhungsfaktoren betrachtet. Jedoch ist dieses Verfahren für eine wirtschaftliche Bemessung, vor allem unter Betrachtung des Lastfalls „Flugzeugabsturz“, nicht zielführend. Hierfür werden derzeit komplexe Modellierungen aus finiten Elementen verwendet. Ein einfaches Ingenieurmodell wird jedoch bis zu diesem Zeitpunkt nicht verwendet, obwohl es bereits seit 1987 vorhanden ist. In dieser Diplomarbeit wurde sich mit dem Zweimassenschwinger als einfaches Bemessungsmodell beschäftigt, um das Verhalten von Stahlbetonplatten unter Impaktbelastung zu untersuchen. Im Rahmen dieser Arbeit wurde das Zweimassenschwingermodell nach Schlüter aus dem Jahr 1987 softwaretechnisch umgesetzt. Mit Hilfe dieser Umsetzung erfolgte eine Nachrechnung von vier Referenzplatten aus der Fachliteratur, um diese Umsetzung zu validieren. Weiterhin wurden Versuche nachgerechnet, die am Institut für Massivbau der Technischen Universität Dresden durchgeführt worden waren.

Das Berechnungsmodell wurde im Laufe der Arbeit auf den Einfluss der Eingangsparameter hin untersucht. Dabei lag ein besonderes Augenmerk auf der effektiven Masse und der Biegesteifigkeit im gerissenen Zustand. Im Rahmen dieser Diplomarbeit wurde eine umfassende



Stahlbetonplatte nach einer Impaktbelastung
Foto: Marcus Hering

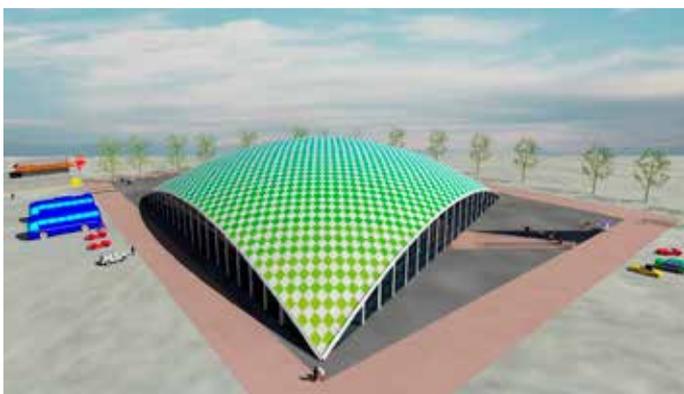
Parameterstudie durchgeführt, um die Sensitivität des Zweimassenschwingers in unterschiedlichen Verformungszuständen zu untersuchen.

Alexander Schumann

Entwurf einer freitragenden Halle
(Diplomarbeit)

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach, Dipl.-Ing. Robert Zobel

Bei der Verwendung von Carbonbeton können schlanke und filigrane Tragelemente konzipiert werden. Zusätzlich zum Einsatzgebiet bei Fassadelementen und Verstärkungsmaßnahmen für bestehende Gebäude ist Carbonbeton als Tragelement für filigrane neue Bauwerke, insbesondere Flächentragwerke wie Schalen, Falterwerke, Gitterschalen usw., prädestiniert. Aus diesem Grund sollte ein Konzept für eine freitragende Halle mit dem Verbundbaustoff Carbonbeton entwickelt werden, welches zum einen alle Randbedingungen – lichte Raumhöhe von 8 m, stützenfreie Überdachung, Spannweite > 90 m – erfüllt und zum anderen aus Gründen der Vorfertigung vollständig im Werk hergestellt werden kann. Infolgedessen ist eine doppelt



Perspektivische Darstellung der freitragenden Halle
Grafik: Alexander Schumann

gekrümmte Schale entstanden, die aus einzelnen vorgefertigten Textilbetonsegmenten, Rautenstäben (Abmessungen $150 \times 22 \times 6$ cm) und einer sich zwischen den einzelnen Rauten befindlichen aussteifenden Textilbetonschicht mit einer Dicke von 2,5 bis 4 cm besteht. Das Tragsystem besteht dabei aus gleichlangen Stabsegmenten. Zur leichteren Montage werden immer vier Textilbetonstäbe im Werk zu einer Raute zusammengefügt, die durch eine Schraubenverbindung auf der Baustelle miteinander verbunden werden. Aus Stabilitätsgründen musste zwischen den Rauten eine Textilbetonschicht angeordnet werden, die zusätzlich noch zum Lastabtrag mit herangezogen wird. Zur Gewährleistung einer ausreichenden natürlichen Belichtung wurde ausschließlich jede zweite Raute mit einer Textilbetonschicht versehen, sodass die übrigen Flächen mit einer lichtdurchlässigen Membran bespannt werden können. Somit ist ein optisch ansprechender Entwurf entstanden, der aus einer schlanken und filigranen Tragstruktur besteht, die komplett vorgefertigt werden kann. Der Entwurf zeigt, dass ein Wandel weg vom massiven hin zu einem leichten und energieeffizienten Bauen durch den Einsatz von Carbonbeton vollzogen werden kann.

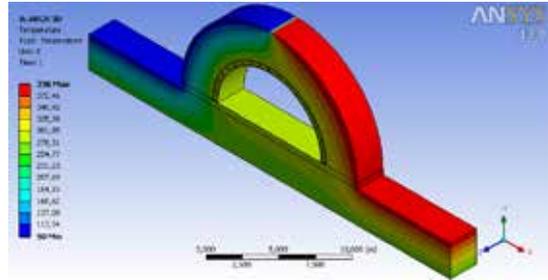
Daniia laksubaeva

Investigation of temperature extremes on the behaviour of precast concrete panels for a lunar outpost

(Master thesis)

Supervisor: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach, Dipl.-Ing. Sebastian Wilhelm

The institute of concrete structures, TU Dresden, is involved into the investigation of the manufacturing of lunar concrete within the project 'Robotic Exploration of Extreme Environments (ROBEX)'. Thus the aim of the master thesis is the design and calculation of precast elements made of lunar concrete for a lunar outpost under extreme temperature loadings. In this contribution the materials and their properties on the Moon are described, which are necessary for the calculations. Additionally, the lunar regolith simulant JSC-1A is presented and can serve for the future research concerning the lunar concrete material. The proposed structural type, the possible loading cases and the lunar environmental conditions acting on the structure are mentioned. For future investigations the thermal conductivity coefficient and the coefficient of thermal expansion are necessary, in order to work



Temperature distribution for temperatures between 90 and 396 K with a thermal conductivity of regolith $\lambda = 1.6 \cdot 10^{-3}$ W/m·K
Graphic: Daniia laksubaeva

with the lunar concrete material. Thus, the most common measurement methods are presented.

Using the different techniques and analytical solutions, the temperature distribution on the lunar surface is widely reviewed. Subsequently, the temperature profiles with the most extreme temperature difference needed for the investigation are selected. For the numerical calculations the problem setup and boundary conditions are described. The analytical models of the heat transfer, cyclic temperature loading and thermal expansion calculations are performed and then compared with the numerical results obtained by ANSYS program. The results show that 3.0 m of regolith shielding are an appropriate thickness in order to stabilize and reduce the extreme temperature fluctuations.

For the precast panel joints the requirements are listed and a possible design of joints is proposed. Finally, another structural type is briefly introduced as well as an idea of the energy control using phase change materials. For further investigations, the radiative boundary conditions and the combined structural and thermal loadings should be considered.

Birendra Khatri Chhetri

Comparison of LRFR and LFR load rating methods for bridges

(Master thesis)

Supervisor: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach, Dr.-Ing. Maria Patricia Garibaldi

Load rating is expressed in terms of a rating factor (RF). A RF value greater than or equal to 1.0 indicates adequate rating. The focus of this

thesis is to compare the rating results from the two rating methods: the load and resistance factor rating (LRFR) and the load factor rating (LFR); and establish the reason or reasons why the rating factors are different. The general LRFR and LFR rating factor equations consist of three basic components: factored resistance (capacity), factored dead load (dead load effects), and factored live load (live load effects).

The factored resistance (capacity) is $C = \phi \cdot R_n$ for LFR and $C = \phi_s \cdot \phi_c \cdot \phi \cdot R_n$ for LRFR. The dead load effects differ between the two methods. The LRFR method, unlike the LFR method, assigns separate dead load factors to component (DC) and wearing surface (DW) loads. The live load effects also differ between the two methods. The differences in live load effects for LRFR and LFR are that attributing factors include the design loads, dynamic load allowance or impact factor, live load factors, distribution factors, and effects of skew.

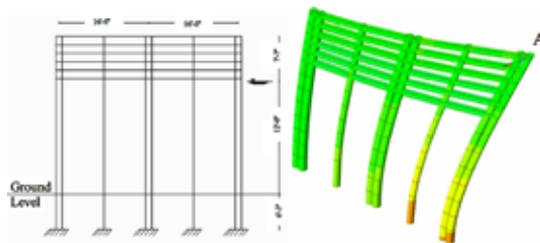
The rating factors obtained from the LRFR and LFR methods for flexure and shear are different. Load ratings for flexure are generally lower for LRFR than for LFR. For flexure, factored resistances and dead load actions are nearly identical between the two methods, so they have little or no effect on the difference in the rating factors. The principal causes for differences in flexure ratings are the different live load factors, impact factors, distribution factors, and the heavier HL-93 load combinations. Load ratings for shear are higher for LRFR than LFR. For shear, factored dead load actions are nearly identical between the two methods, so they have little or no effect on the difference in the rating factors. The primary causes for differences in shear ratings are an increase in the factored shear resistance due to the MCFT, different live load factors, impact factor, distribution factor, and the heavier load combination.

Amir Mehdi Etemadrezaei

Design and analysis of a standard bridge fender system using composite materials
(Master thesis)

Supervisor: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach, Dr.-Ing. Maria Patricia Garibaldi

In recent decades, vessel collision with bridges, crossing navigable channels pose a serious hazard to public safety and port operations. Collapse



Light duty fender system designed for energy criteria (case 1: depth of fixity method)
Graphic: Amir Mehdi Etemadrezaei

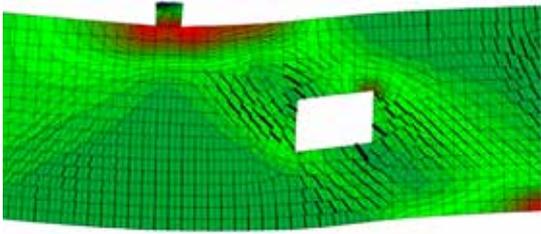
of Sunshine Skyway Bridge led to concern about safety of bridges and therefore studies about vessel collisions have been initiated. The efforts concluded in 1991 with adoption of AASHTO Guide Specification and Commentary for Vessel Collision Design of Highway Bridges. Protecting a bridge over navigable channel could have been achieved by strengthening the pier itself or locating the piers out of reach on shore. Another feasible alternative involved utilizing protective structures such as dolphins, fender systems, protective islands and floating protection systems to absorb impact forces and energies. In this report, different protective methods have been explained, and a standard composite fender system concept has been selected for analysis and design. A standard fender system includes piles driven along the pier and walers attached to the top of the piles. The standard composite fender system is designed for various energy requirements, which are in accordance with the vessel traffic configuration of light, medium and heavy duty fender system requirements. To understand better the behaviour of fender systems, an example of analytical procedure is also provided.

Fardin Habibzada

Model comparisons for a reinforced concrete deep beam
(Master thesis)

Supervisor: Prof. Dr.-Ing. habil. Ulrich Häußler-Combe, Dipl.-Ing. Jörg Weselek

In this master thesis the behaviour of a reinforced concrete deep beam with a rectangular opening was investigated. The nonlinear finite element method was used to model and analyse the beam, especially the tensile and the compressive stresses were of interest. Furthermore the purpose of this thesis was to compare different



Smearred crack model with element size of 0.25 m mesh discretization; deformation after applied load in ATENA Graphic: Fardin Habibzada

calculation software, like ConFem, ATENA and RFEM. The beam which is considered for the analysis is 11.5 m long and 4 m high and a point load of 5 MN and a uniformly distributed load of 120 kN/m were applied. The material properties of concrete C25/30 were used respectively. Thickness of beam considered as $t = 0.6$ m. By using ConFem the beam was discretized into meshes with element sizes of 0.5 m, 0.25 m and 0.125 m. The compressive and tensile stresses distributions are presented by RFEM. By using ATENA three different material crack models, like smearred crack model, isotropic damage model and multiplane damage model (microplane), are used for analysing the beam behaviour. It was observed that the element size of 0.25 m discretization in comparison to 0.5 and 0.125 m meshes gives more accurate results as well as the equilibrium between boundary condition and material stiffness matrices can meet properly. Therefore, an element size of 0.25 m was chosen as an optimal mesh size. Thus, the deep beam with rectangular opening was designed based on the strut and tie model actively transferred the applied load to the supports without any local damage around or near to the web opening. For further results see please the corresponding master thesis.

Siram Naga Prasanth

Mesoscopic modelling of dynamic concrete behaviour

(Master thesis)

Supervisor: Prof. Dr.-Ing. habil. Ulrich Häußler-Combe, Tino Kühn M.Sc.

Modelling concrete under impact loading requires proper predictions of the stress wave propagation. This is achieved by choosing an appropriate aspect ratio for specimen used for tests in split-

Hopkinson pressure bars (SHBP). The material response to the stress wave is properly studied using simulation by LS-Dyna. Modelling the applied material models, its constitutive relationships and the parameters input are important for the obtained results. LS-Dyna uses hydrocodes to analyse wave propagation in a media that is continuous (concrete). These codes are used to determine the behaviour of concrete specimen under dynamic loading.

In this thesis, Karagozian & Case model (KCC), continuous surface cap model (CSCM) and the model according to Riedel, Hiermaier and Thoma (RHT) are implemented. The simulation of SHPB experiments were done to illustrate the dynamic compressive behaviour response for these models. It is shown that the KCC model and the RHT model behave more similar and produce nearly same results. This may be due to the implementation of CEB recommendation in generating strain-rate whereas the CSCM model shows over-estimated results when compared to these models. The CSCM model uses viscoplasticity formulation for generating strain rates. It can be concluded that, on simulating the concrete on impact loading, dynamic behaviour of concrete shows an increased strength as compared to the static response. The strain rate is the influencing factor for producing such results. The DIF formulation in the material hydrocodes is responsible for the increased strength generation.

Ayman Ahmad

Comparative studies on multi story RC buildings exposed to earthquake actions

(Master thesis)

Supervisor: Prof. Dr.-Ing. habil. Ulrich Häußler-Combe, Dipl.-Ing. Daniel Karl

Structural response to earthquakes is a dynamic phenomenon that depends on dynamic characteristics of structures and the intensity, duration, and frequency content of the exciting ground motion. Although the seismic action is dynamic in nature, building codes often recommend equivalent static load analysis for design of earthquake-resistant buildings due to its simplicity.

This is done by focusing on the predominant first mode response and developing equivalent static forces that produce the corresponding mode shape, with some empirical adjustments for high-

er mode effects. The use of static load analysis in establishing seismic design quantities is justified because of the complexities and difficulties associated with dynamic analysis. Dynamic analysis becomes even more complex and questionable when nonlinearity in materials and geometry is considered. Therefore, the analytical tools used in earthquake engineering have been a subject for further development and refinement, with significant advances achieved in recent years reached to linear and nonlinear time history analysis.

Alaa Shaheen

Comparative study on RC box girder for a roadway bridge modelled as beam and folded plate

(Master thesis)

Supervisor: Prof. Dr.-Ing. habil. Ulrich Häußler-Combe, Dipl.-Ing. Daniel Karl

Reinforced concrete box girders are common structural elements used for road way bridges. They are generally treated as beams in order to perform a structural analysis. But beam assumptions are not valid for all aspects of the structural behaviour of box girders. Thus, some more or less accurate extensions of beam theory have been developed for box girders.

An alternative model is given composing a box girder by folded plates. In contrast to beam theory, this model inherently covers effects like profile distortions of cross sections. Hence, literature review regarding analysis and design of reinforced concrete box girder has been done, as well as evaluation of appropriate load cases and cross section design followed by analysis for the given example with simply and extended beam theory included (bending and shear, torsion and profile distortion), after that the design of reinforcement. Numerical calculation of the example with folded plate model using SAP2000 as a linear analysis has been done with comparison and estimation of the results of the different models.

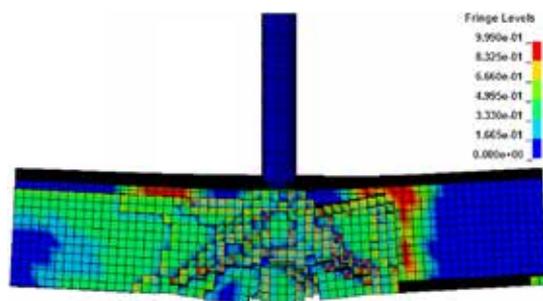
Mudar Hamsho

Numerical investigations on the dynamic impact behaviour of reinforced concrete slabs

(Master thesis)

Supervisor: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach, Tino Kühn M.Sc.

In the frame of a research project at the TU Dresden, reinforced concrete slabs are tested in a drop-tower. The goal is to obtain a FE model with which the prediction of the structural behaviour and structural damage of slabs under high loading rates, depending on different parameters. A finite element model has been developed using the commercial software LS-DYNA to simulate the hard impact of a low-velocity projectile on plain concrete and double reinforced concrete slabs under flat, hemispherical, and conical projectile nose-shapes. A variation of drop-heights is carried out. The two concrete material models – MAT_159 and MAT_145 – are implemented and compared. In addition, different methods of imposing an impact force are applied by rigid and solid element based projectiles. The formulations of selected material models are validated by an available set of test data and related literature systematically. Parameter variations and comparative studies are done, and a lot of phenomena are observed and described which include spalling, scabbing, penetration, cracking, punching cone, displacement, and characteristics of impact force.



Damage fringes of plain concrete slabs caused by impact with flat-tip projectiles
Graphic: Mudar Hamsho



WISSEN SCHAFFT MEHR...

Selbstverständlich stehen Forschung und Lehre im Vordergrund bei der Arbeit am Institut – aber wenn so viele Menschen einen Großteil ihrer Zeit zusammen verbringen, ist da immer auch ein bisschen mehr. Dem wollen wir auch im Jahresbericht Rechnung tragen und einige der Dinge auflisten, die Teil unserer Bemühungen sind, das Miteinander in der täglichen Arbeit zu fördern. Die Begeisterung für das Fach leben wir selbst – aber wir binden auch den Nachwuchs ein: Bei Schülerprojektwochen und in der Langen Nacht der Wissenschaften sprechen wir die zukünftigen Studentinnen und Studenten an, bei Exkursionen und in den Lehrveranstaltungen dann die Studierenden.

Beiträge z. T. aus dem BauBlog der Fakultät Bauingenieurwesen (<http://baublog.tu-dresden.de>)

Brückenbauexkursion 2015: Tschechien/Österreich

Die diesjährige Exkursion führte die Studenten durch Tschechien, Österreich und Süddeutschland. In Prag bei METROSTAV wurden wir umfangreich zur Troja-Brücke, eine Netzbogenbrücke mit 200 m Stützweite und 36 m Breite, informiert. Trotz der 2.500 t schweren Stahlkonstruktion wirkt sie durch ihren sehr flachen Bogen von nur 20 m Höhe filigran.

Über Hradec Králové mit einem der wichtigsten AB-Verkehrsknotenpunkte Tschechiens ging es nach Wien. Hier standen die Faltwerkskonstruktion des Daches über dem Hauptbahnhof sowie der Neubau des Knotens Prater und der Hochstraße Inzersdorf, begleitet durch die ASFINAG, auf dem Programm. Am Knoten Prater erfolgt derzeit der Neubau zweier Entflechtungsbauwerke über den Donaukanal sowie Abriss und Neubau der Erdberger Brücke – bei Aufrechterhaltung von vier Fahrspuren und 190.000 Fahrzeugen pro Tag eine planerische Meisterleistung.

Nach dem Besuch der schwimmenden Murinsel in Graz ging es weiter nach Deutsch-Grutschen zur Tunnelkette Granitztal. Nach einer Einführung im Baubüro von HOCHTIEF konnten die Studenten den Anfang der 2,6 km langen Röhre begehen und einen Einblick in den spannenden Tunnelbau im Sprengvortrieb nehmen.

In Salzburg standen als Fuß- und Radwegbrücken der Wilhelm-Kaufmann-, der Makart- und der historische Mozartsteg auf der Tagesordnung. Mit den Tragwerksplanern diskutierten wir spezielle statische Besonderheiten wie z. B. die Schwingungstilgung beim Wilhelm-Kaufmann-Steg, einer sehr schlanken Schrägkabelbrücke mit einseitigem Pylon. Über die Mangfallbrücke, eine Spannbetonbalkenbrücke

von Ulrich Finsterwalder 1959, deren Stege als vorgespannte Fachwerkkonstruktion ausgeführt wurden, ging es weiter zur Europabrücke Innsbruck. Aufgrund der einseitigen Sperrung wegen Instandsetzungsmaßnahmen konnte die 192 m hohe Brücke, geführt durch die ASFINAG, von den Studenten begangen werden.

Auch die HOCHTIEF-Baustelle des Wasserkraftwerks Pfunds gehörte zum breitgefächerten Programm. In einem über 20 km langen Tunnel, gebaut im Doppelschildvortrieb, konnten die Studenten auf der Baustelle die Dimensionen der Maschinen sowie die Herstellung der Tübbinge in der extra dafür errichteten Fabrikhalle live erleben.

Eines der Highlights war die mit 406 m längste Fußgängerhängebrücke Europas 'Highline179' in Reutte. Mit 115 m Höhe ist diese Brücke aufgrund der hohen Schwingungsanfälligkeit und einem Gitterrost-Laufsteg eine sehr luftige und nicht für jeden geeignete Attraktion.

Nach der Begehung des Daches des Olympiastadions in München, eine architektonische Meisterleistung von Frei Otto und Günther Behnisch, bildete die Besichtigung der Saale-Elster-Talbrücke als Teil des Verkehrsprojekts VDE 8 den Abschluss. Es konnten der Hohlkasten begangen und ein Einblick in das Bauwerksmonitoring durch MARX KRONTAL und in die Auswertung der Daten gewonnen werden.



Exkursionsteilnehmer hoch über der Europabrücke (Foto: Peter Augschöll)

Brücken sind mehr als die Verbindung zweier Punkte

25 Jahre Dresdner Brückenbausymposium



Der Rektor der TU Dresden, Prof. Müller-Steinhagen, bei seiner Begrüßung Foto: Ulrich van Stipriaan



Manfred Curbach Foto: Ulrich van Stipriaan

Mit einem Bekenntnis zum Miteinander begann das 25. Dresdner Brückenbausymposium. Prof. Hans Müller-Steinhagen, Rektor der TU Dresden, nannte das Symposium „ein schönes Zeichen, dass gerade das Brückenbauen hier so eine feste Verankerung gefunden“ hat. Leider hätten nicht alle Aspekte, die derzeit die Aufmerksamkeit auf Dresden lenken, so etwas Verbindendes wie Brücken: „Jeden Montagabend meinen einige Unverbesserliche, ihre intoleranten und ausländerfeindlichen Parolen verkünden zu müssen und damit die Gesellschaft zu polarisieren und Brücken zwischen den Menschen einzureißen, die mühsam aufgebaut wurden!“, sagte der Rektor.

Und auch Prof. Manfred Curbach, der Leiter des Brückenbausymposiums, ging in seiner Rede auf den vielgestaltigen Gedanken der Brücke ein.

„Es ist gerade der Gedanke der Nächstenliebe, der mich als Brückenbauingenieur besonders umtreibt“, sagte er und fuhr fort: „Wir wissen, wie wir Brücken entwerfen, wie wir sie bauen und wie wir sie bewirtschaften. Aber,“ sagte Curbach, „gestatten Sie mir die un-ingenieurhafte Frage: Wissen wir auch, die Brücke zum Nächsten zu bauen, zu unseren Mitmenschen?“ Wir bräuchten Brücken – die realen, um vom einen zum anderen Punkt zu gelangen, wie die metaphorischen, um unsere Mitmenschen zu verstehen: „Wir brauchen eine Brücke, die Begegnung und Gespräche erlaubt. Begegnung und Austausch schaffen Vielfalt, Ideen und Verständnis, und aus Verständnis erwachsen Toleranz und Akzeptanz“, sagte Prof. Curbach vor rund 1.400 Brückenbauern aus insgesamt 18 Nationen, die an diesem Brückenbausymposium teilnahmen.

Das diesjährige Brückenbausymposium bot mit insgesamt über einem Dutzend Beiträgen zu Brückenneubauten und werterhaltenden Sanierungen im Bestand die bewährte Mischung aus grundlegenden Vorträgen und Berichten aus der Praxis an. Aber es geht bei diesem Branchentreff nicht nur um Information, sondern auch um persönliche Gespräche und Austausch. Dem trugen die Veranstalter nicht nur durch großzügige Pausen für Diskussionen und die Besichtigung der Fachausstellung im Hörsaalzentrum der TU Dresden Rechnung, sondern auch mit dem Auftakt am Vorabend der Tagung beim Treffen der Brückenbauer.



Jürgen Stritzke

Foto: Ulrich van Stipriaan



Luc Taerwe

Foto: Sylke Scholz

Eine „deutsche Erfolgsgeschichte“ nannte Prof. Jürgen Stritzke den Werdegang des Dresdner Brückenbausymposiums. Der Erfolg war nicht absehbar, als Prof. Stritzke am 21. Februar 1991 als Inhaber der damaligen Professur für Massivbrückenbau das erste Brückenbausymposium unter dem Titel „Erfahrungen bei der Vorbereitung, Konstruktion, Realisierung, Erhaltung und Kontrolle von Betonbrücken“ durchführte. 123 Teilnehmer hatten sich registriert – bei einer Tagungsgebühr von 20 DM (ca. zehn Euro). Die Besucherzahl stieg stetig, aus der übersichtlichen, eher regional ausgerichteten Tagung wurde der Treff der Brückenbauer im deutschsprachigen Raum, der zunehmend auch international bedeutsam wird.

Im Jahr 2010 erhielt Prof. Jürgen Stritzke für seine Verdienste um das Brückenbausymposium gleich zwei Ehrenmedaillen: die der TU Dresden und die der Bundesingenieurkammer. Im Jahr 2012 trat Prof. Manfred Curbach vom Institut für Massivbau die Nachfolge als Leiter des Dresdner Brückenbausymposiums an. Kontinuität und neue Akzente kann man seitdem festmachen: Jährlich gibt es nun einen internationalen Beitrag eines renommierten Gastredners in englischer Sprache, und auch bei einem zweiten neuen Fixpunkt werden die Landesgrenzen gerne überschritten – wenn es in einem Beitrag zur Historie des Brückenbaus um bekannte Ingenieure wie Robert Maillart, Franz Dischinger, Richard Coray oder (in diesem Jahr mit einem Vortrag von Prof. Luc Taerwe) Gustave Magnel geht.

Der Klassiker in dritter Auflage

Handbuch Brücken – Entwerfen, Konstruieren, Berechnen, Bauen und Erhalten

Das „Handbuch Brücken – Entwerfen, Konstruieren, Berechnen, Bauen und Erhalten“ ist jetzt im Verlag Springer Vieweg in dritter, überarbeiteter Fassung erschienen. Seit dieser Auflage ist Prof. Manfred Curbach vom Institut für Massivbau Mitherausgeber – der Hauptherausgeber des 2007 erstmals erschienenen Handbuchs, Prof. Gerhard Mehlhorn, nennt das im Vorwort „eine wichtige Weichenstellung für die zukünftige Weiterführung des Werks“. Neben Manfred Curbach prägen weitere aktive und ehemalige Mitarbeiter*innen des Instituts für Massivbau der TU Dresden das Buch: Dr.-Ing. Silke Scheerer hat wesentlich bei der Redaktion mitgewirkt und ist (mit Dr.-Ing. Harald Michler und Prof. Manfred Curbach) u. a. auch Autorin des neuen Teilkapitels über „Brücken aus Textilbeton“. Im Band enthalten sind seit der ersten Auflage auch viele Kapitel aus der Feder von Prof. Jürgen Stritzke.

Für ein so umfangreiches Werk erscheint die dritte Auflage recht kurz nach der zweiten, was Gründe hat: Einerseits war und ist das Interesse an dem Band groß, andererseits galt es, in den praktischen Teilen die aktuellen Fassungen der EUROCODES oder auch der mittlerweile aktualisierten Nachrechnungsrichtlinie zu berücksichtigen. Damit bietet das Grundlagenwerk nicht nur einen umfassenden Überblick, sondern ist auch aktuell. Zu dieser Aktualität tragen auch neue bzw. grundlegend überarbeitete und ergänzte Kapitel bei: das historische Kapitel (Brückenbau auf dem Weg vom Altertum zum modernen Brückenbau) umfasst jetzt beispielsweise auch Beiträge zur integralen und semiintegralen Bauweise und die Nachrechnung von Brücken. Viel Raum wird dem Deutschen Brückenbaupreis eingeräumt – alle Nominierten und natürlich auch die Sieger sind in Wort und Bild dargestellt.

Das Buch will einen Überblick über das Entwerfen, Konstruieren, Berechnen, Bauen und Erhalten von Brücken geben – unabhängig vom Material, das beim Brückenbau verwendet wird. Das gelingt mit einer erfreulich klaren Sprache der über zwanzig Fachautorinnen und -autoren sowie durch die überwältigend vielen Bilder. Als Zielgruppe gibt der Verlag „alle Bauingenieure,



Das neue Buch im Original und als Marzipan-Torte, stolz präsentiert von Prof. Manfred Curbach (li.) und Ralf Harms vom Verlag Springer Vieweg. Foto: Ulrich van Stipriaan

Studierende des Bauingenieurwesens und alle am Brückenbau und seiner Entwicklung Interessierten“ an.

*Mehlhorn, Gerhard; Curbach, Manfred (Hrsg.)
Handbuch Brücken
Entwerfen, Konstruieren, Berechnen, Bauen und Erhalten
Mit Beiträgen zahlreicher Fachwissenschaftler
3. Aufl. 2014, XXII, 1.388 S., 1.209 Abb., 319 Abb.
in Farbe.*

*Verlag Springer Vieweg, Wiesbaden
Formate:
eBook 149,99 €
Hardcover 199,99 € (Preise inkl. MwSt.)
ISBN 978-3-658-03342-2*

...und immer wieder neue Dimensionen

Kurt-Beyer-Preis ging an Dr.-Ing. Laura Ritter und Dipl.-Ing. Benjamin Felbrich

Seit 19 Jahren wird der Kurt-Beyer-Preis bereits verliehen – für die Besten aus den Bereichen Architektur und Bauingenieurwesen. Am 22. Mai 2015 erhielten in einer Festveranstaltung im Rektorat Dr.-Ing. Laura Ritter und Dipl.-Ing. Benjamin Felbrich als 43. und 44. Preisträger den von HOCHTIEF gestifteten Preis.

Laura Ritter wurde an der Fakultät Bauingenieurwesen promoviert, ihr nun ausgezeichnetes Thema war „Der Einfluss von Querzug auf den Verbund zwischen Beton und Betonstahl“. Der Laudator während der Feier war auch der Betreuer der Arbeit: Prof. Manfred Curbach vom Institut für Massivbau nannte die Arbeit „einen sehr wichtigen Meilenstein in der Verbundforschung“ und betonte, dass „die Forschungsergebnisse von Laura Ritter eine hervorragende Grundlage für alle weiteren theoretischen Analysen auf diesem Gebiet darstellen.“

Mit „Neugier, Feuereifer, echter Entdeckerlust und Forscherdrang“ sei Benjamin Felbrich seine Diplom-Arbeit angegangen, erzählte sein Betreuer (zusammen mit Sebastian Wiesenhüter) und Laudator Dr.-Ing. Jörg R. Nönnig – und schob schmunzelnd nach: „... und landete schon bald im unsicheren Terrain!“ Aber genau das, der Vorstoß an ungewisse Grenzen und das Austasten dessen, was hinter diesen Grenzen sei, habe schließlich zum Erfolg geführt. Die Kommission sei verblüfft und überrascht gewesen bei der Präsentation – aber eben auch überzeugt: Möglicherweise sei das, was Benjamin Felbrich mit seiner Arbeit „Bionik in der Architektur – Experimente mit

Multiagentensystemen in irregulären Faltenwerken“ angestoßen habe, ja die Zukunft von Architektur.

...eine Zukunft, der sich Dipl.-Ing. (FH) Stephan Otto von der Hochtief Construction GmbH zwar nicht verschließen wollte, sich aber bei seiner Festansprache dennoch nicht verkneifen konnte zu fragen: „Wie soll man das denn bauen?“ Aber das ist bei zukunftsweisender Forschung ja häufig der Fall, dass man im Jetzt mehr Fragen als Antworten hat (auch wenn die beiden Preisträger ihre Arbeiten sehr anschaulich vorgestellt hatten!). Dafür konnte Stephan Otto auf zahlreiche respektable Bauwerke verweisen, an denen HOCHTIEF derzeit beteiligt ist – durchaus verbunden mit dem Hinweis in eigener Sache, dass man an hervorragendem Nachwuchs sehr interessiert sei...



Preisverleihung – mit (v.l.n.r.) Dipl.-Ing. Stephan Otto vom Preis-Stifter HOCHTIEF, Dr.-Ing. Jörg Nönnig, Dipl.-Ing. Benjamin Felbrich, Dr.-Ing. Laura Ritter, Prof. Manfred Curbach und dem Prorektor für Forschung, Prof. Gerhard Rödel. Foto: Ulrich van Stipriaan

Wundern und Staunen erlaubt

Lange Nacht der Wissenschaften 2015

Exzellente Antworten auf schwere Fragen gab es während der Langen Nacht der Wissenschaften. So viel Wissensdurstige wie nie zuvor ließen sich durch die laue Sommernacht treiben und genossen die Mischung aus Spaß und dazu lernen.

Zwischen 1.600 und 1.800 Besucherinnen und Besucher zählten die Verantwortlichen auf der Wiese hinter dem Beyer-Bau, wo die Fakultät Bauingenieurwesen unterhaltsam-informativ die ganze Vielfalt des Bauwesens zeigte. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Instituts für Massivbau waren sowohl bei der Vorbereitung federführend tätig als auch während der Langen Nacht aktiv.

Am Stand von C³ konnte man sich über das ganz neue heiße Ding im Bauen informieren: Carbonbeton.

Mitarbeiter des Otto-Mohr-Laboratoriums ließen

es mal wieder krachen. Auf einem Prüfstand wurden Brücken belastet, bis sie barsten. Laborchef Torsten Hampel kommentierte fachkundig und machte den Zuschauerinnen und Zuschauern klar, dass das Zerstören während der Langen Nacht nur die spielerische Variante des Laboralltags ist: Baustoffe, Bauteile und auch ganze Gebäude werden gezielt belastet, um die Sicherheit und Belastbarkeit zu testen.

Speziell zugeschnitten auf die Kleinen und die ganz Kleinen bot das Institut für Massivbau Basteleien mit Sandsteinen an und lud die kleinen Baumeister ein, sich Beton nach Rezept zu mixen und zu mischen. Was dabei entstand, durfte natürlich mitgenommen werden! Bei den Leonardo-Brücken, die aus großen Holzstäben immer wieder neu konstruiert wurden, beteiligten sich dann nicht nur die Kinder, sondern auch die Väter – das Kind im Manne ist ja nicht von ungefähr die dazu passende Volksweisheit...



Impressionen von der Langen Nacht der Wissenschaften 2015.

Fotos: Ulrich van Stipriaan

Wert experimenteller Untersuchungen

Dresdner Symposium SEUB zum 8. Mal erfolgreich

Das Dresdner Symposium „Experimentelle Untersuchungen von Baukonstruktionen“ fand im September 2015 zum 8. Mal statt. Das Programm war wieder sehr vielfältig. Im Einführungsvortrag von Jürgen Schnell und Michael Weber (TU Kaiserslautern) wurden vorab Inhalte des für 2016 geplanten DAfStb-Sachstandberichts zur Festlegung historischer Kennwerte von Betonen und Stählen vorgestellt, die beispielsweise die Nachrechnung älterer Bestandsbauwerke zukünftig erleichtern wird.

Schwerpunkte der Tagung waren baudynamische Untersuchungen, neue Messmethoden und Bauwerksmonitoring. Wie bei den vorangegangenen Veranstaltungen wurden auch Beispiele für die experimentelle Traglastbestimmung an verschiedensten Baukonstruktionen vorgestellt. Theoretische und experimentelle Beiträge aus Forschung und Praxis bis hin zu Berichten von konkreten Bauaufgaben vermittelten ein umfangreiches Bild und verdeutlichten die Vielfalt der Thematik.



Eindrücke der Tagung – von der Eröffnung durch Prof. Manfred Curbach (links oben) und der *keynote lecture* von Prof. Schnell (unten rechts) bis zur Kaffeepause...

Fotos: Ulrich van Stipriaan

Erstmals wird der diesjährige Tagungsband über den sächsischen Dokumenten- und Publikationsserver Qucosa ohne Zugangsbeschränkung online zur Verfügung stehen.

Sonderheft rund um Textilbeton

Nach nahezu 20 Jahren Grundlagenforschung zum textilbewehrten Beton (TRC) können wir heute sagen, dass TRC ein leistungsfähiger Kompositbaustoff mit hohem Potential ist. Fehlende Regelwerke erschweren jedoch leider immer noch seine Anwendung. Ein erster Meilenstein war die im Juni 2014 erlangte erste allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-31.10-182 für die Biegeverstärkung im Innenbereich. Um diesen Meilenstein bekannt

zu machen und das aktuelle Wissen über den Baustoff und mögliche Anwendungsfelder noch wirkungsvoller zu verbreiten, regten wir die Erstellung eines Sonderheftes der Zeitschrift Beton- und Stahlbeton zum Thema an, welches im Januar 2015 erschien.

Verstärken mit Textilbeton, 112 Seiten, Verlag Ernst & Sohn, 2015.

DOI: 10.1002/best.201590009



Neues aus dem SPP 1542

Konferenz in Amsterdam und Jahrestreffen in Bochum

2015 wurde in insgesamt 19 Teilprojekten zum Thema „Leicht Bauen mit Beton“ deutschlandweit geforscht. Höhepunkte waren ein gemeinsamer Konferenzbesuch in Amsterdam sowie das Jahrestreffen in Bochum.

Ende August fand in Amsterdam das jährliche Symposium der International Association for Shell and Spatial Structures – kurz IASS – statt. Insgesamt gab es 16 Beiträge aus dem SPP 1542. Ein Highlight aus Sicht des Koordinatorenteams war, dass am zweiten Veranstaltungstag zwei Session zum Thema „Leicht Bauen mit Beton“ auf dem Programm standen, die von Jan Dirk van der Woerd, RWTH Aachen, und Silke Scheerer, TU Dresden, moderiert wurden.

Vom 7. bis 9. Oktober 2015 fand dann das 5. Jahrestreffen des SPP in Bochum statt, organisiert

vom Team um Prof. Peter Mark. Das Treffen war geprägt vom Austausch zu den aktuellen Forschungsständen in den einzelnen Teilprojekten und zahlreichen anregenden Gesprächen.

Höhepunkte waren zudem die hochkarätigen Gastvorträge von Prof. Sigrid Adriaenssens vom Department of Civil and Environmental Engineering der Princeton University zum Thema „Shell Structures: Form Finding and Optimization“ mit anschließendem Workshop zur praktischen Formfindung für Schalenträgerwerke mit Hilfe von Hängemodellen und von Prof. Hanns Hatt (Lehrstuhl für Zellphysiologie der Ruhr-Universität Bochum), der den Teilnehmern des Jahrestreffens Aktuelles aus der biologischen Forschung näher brachte.

Ein Besuch im Bochumer Besucherbergwerk rundete das Treffen ab.



Impressionen vom Symposium der IASS in Amsterdam

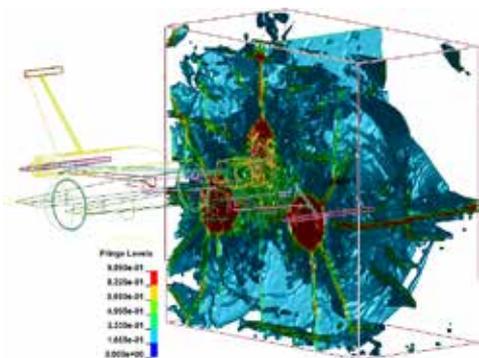
Fotos: Silke Scheerer

Schüler am Institut

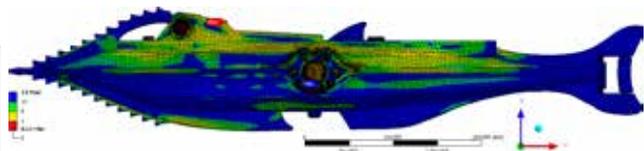
Schülerpraktikanten am Institut und im Labor

Yewgenij Baburkin beschäftigte sich beispielsweise in seiner wissenschaftlichen Projektarbeit mit der numerischen Abbildung eines Flugzeugaufpralls auf Stahlbeton in Anlehnung an die Sandia-Tests mit LS-Dyna.

Unter Betreuung von *Tino Kühn* modellierte er den Versuch und leitete daraus u. a. Kraftverläufe, Beschleunigungen, Stoßzahlen etc. ab. Das Ergebnis der Arbeit übertraf die Erwartungen deutlich. Trotz geringer Kenntnis der strukturellen Details wurden quasi zum Experiment identische Werte ermittelt, was zur Frage führt, ob die hochkomplexen Annahmen, die wir oft in der Forschung treffen, in jedem Fall sinnvoll sind.



Yanneck Münzner und *Johann Collard*, beide 7. Klasse, nahmen unter Anleitung von *Tino Kühn* Jule Vernes Nautilus (1869/70) unter die Lupe. Aufgabe war, den Schiffsrumpf aus der bekannten Walt-Disney-Version unter hydrostatischem Druck in ANSYS statisch zu analysieren. Bei Annahme von Werkstoffen, die in der Zeit Jule Vernes üblich waren, konnte die maximale Tauchtiefe mit 61,4 m berechnet werden, was Angaben in diversen Büchern entspricht. Schwachpunkt waren die großen Bullaugen, was die Schüler motivierte, die Werkstoffe zu optimieren. Nimmt man technischen Diamant für die Fenster und heute übliche Stahlsorten, sind 550 m Tauchtiefe möglich, was Kapitän Nemo sicher gefreut hätte.



Oben: Sicherheit gegen Versagen der optimierte Nautilus

Grafik: Yanneck Münzner und Johann Collard

Links: Plastische Verformungen bei einem Anprall mit 215 m/s auf eine Stahlbetonwand Grafik: Yewgenij Baburkin

Weihnachtsfeier im Laboratorium

Die Tafel wird von Jahr zu Jahr länger: Zur alljährlichen Weihnachtsfeier trafen sich im Otto-Mohr-Laboratorium die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Instituts für Massivbau aus dem Beyer-Bau, des C³-Teams aus dem Dresdner World Trade Center, viele der Ehemaligen sowie natürlich das Labor-Team.

Neben guten Gesprächen bei Stollen und Weihnachtsgebäck gab es eine wunderbare einstündige Bilder-Show der Stativkarawane mit eindrucksvollen Filmen und Fotos aus der Sächsischen Schweiz. Fotos: Ulrich van Stipriaan



$$1 \text{ kp} = 9,81 \text{ N}$$

$$1 \text{ Mp} = 981 \text{ kN}$$

$$1 \text{ kp/cm}^2 = 0,0981 \text{ N/mm}^2$$

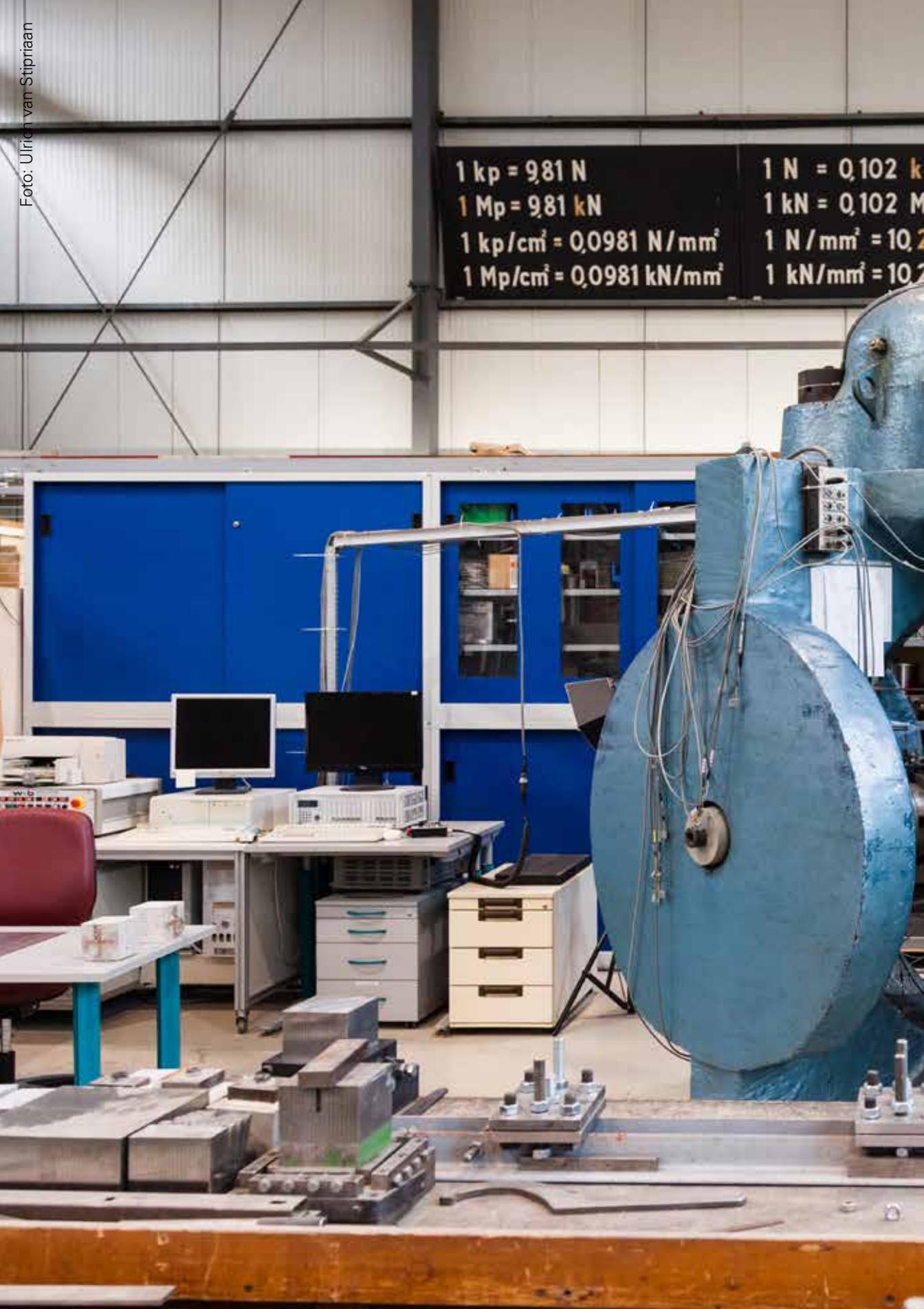
$$1 \text{ Mp/cm}^2 = 0,0981 \text{ kN/mm}^2$$

$$1 \text{ N} = 0,102 \text{ kp}$$

$$1 \text{ kN} = 0,102 \text{ Mp}$$

$$1 \text{ N/mm}^2 = 10,2 \text{ kp/cm}^2$$

$$1 \text{ kN/mm}^2 = 10,2 \text{ Mp/cm}^2$$





p
p
2 kp/cm²
2 MPa/cm²

OTTO-MOHR- LABORATORIUM



OTTO-MOHR- LABORATORIUM

Arbeitsgebiete und Ausstattung

Beim Otto-Mohr-Laboratorium handelt es sich um eine 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 mittlerweile 40 Jahren, seit 30 Jahren ist es unter dem heutigen Namen bekannt. Das Otto-Mohr-Laboratorium führt neben Forschungs- und Entwicklungsaufgaben für die Fakultät Bauingenieurwesen der TU Dresden – und hier vorrangig für das Institut für Massivbau – als technischer Dienstleister für Firmen und andere Fakultäten unserer Universität, aber auch für auswärtige Forschungseinrichtungen, Prüfungen im Bereich der zerstörungsfreien wie auch der zerstörenden Versuche durch. Darüber hinaus können wir auf langjährige Erfahrungen bei der Untersuchung von Bauwerken im Auftrag für öffentliche und private Bauherrn, Ingenieure und Architekten, Behörden, Verbände sowie für das Baugewerbe und die Bauindustrie zurückgreifen.

Neben üblichen Prüfungen, wie z. B. statische Druck- und Zugversuche an Kleinproben, oder Tests an großen Bauteilen ist das Otto-Mohr-Laboratorium in der Lage, auch ungewöhnliche oder neuartige Prüfbereiche des Bauwesens abzudecken. An dieser Stelle seien beispielhaft die Untersuchung von Baustoffen oder Bauteilen unter Anprall- bzw. Impaktbeanspruchungen und die Schwingungsanalyse an Bauteilen, in Gebäuden oder bei Brückenbauwerken genannt.

Ein Spezialgebiet des Otto-Mohr-Laboratoriums 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 Spannungsrisskorrosion eine immer größere Rolle spielen.

Nachfolgend werden das Leistungsspektrum und die Ausstattung des Otto-Mohr-Laboratoriums detailliert dargestellt.

I Leistungen

Unser Leistungsspektrum beruht auf einer großen Basis an technischen Möglichkeiten und wissenschaftlicher Erfahrung und reicht von standardisierten Prüfungen, die für die verschiedenen Materialien im Bauingenieurwesen üblich sind, bis zu maßgeschneiderten Prüfungen im Labor oder in situ. Dazu gehört auch die Neuentwicklung von Versuchsaufbauten für spezielle vom Auftraggeber oder Forscher gewünschte Prüfaufgaben, die nicht mit genormten Tests gelöst werden können. Neben verschiedenen Methoden der zerstörenden und zerstörungsfreien Materialprüfungen beherrschen wir die Planung, Durchführung und Auswertung von experimentellen Tragfähigkeitsanalysen.

Auf dem Gebiet des Massivbaus sind unsere Erfahrungen besonders hervorragend. Neben dem Umgang mit den verschiedensten Normalbetonen und Bewehrungen sowie den Hochleistungsbetonen der neuen Generation besitzen wir eine herausragende Expertise hinsichtlich aller

Themen, die Textilbeton betreffen. Das betrifft sowohl die Herstellung und Prüfung neuer Bauteile bei unterschiedlichsten Lastregimes als auch die Ausführung von Verstärkungsarbeiten oder auch die Bau- und Qualitätsüberwachung bei der Anwendung von Textilbeton in der Praxis.

Nachfolgend wurde ein Auszug aus unserem Leistungsangebot zusammengestellt:

I.1 Zerstörende Materialprüfungen

- Druck- und Zugfestigkeit
- Biegeversuche
- Spaltzug- und Haftzugfestigkeit
- Elastizitätsmodul und Querdehnungszahl
- Arbeitslinien
- Bruchmechanische Kennwerte
- Mehraxiale Druck- und Zugfestigkeit
- Kennwerte von Textilbeton
- Verbundversuche
- Materialeigenschaften bei hoher Belastungsgeschwindigkeit



Herstellung großformatiger Platten für ein Forschungsprojekt

Foto: Kathrin Dietz



Nachspannen von Zugstäben einer historischen Decke

Foto: Sabine Wellner

- Tests bei statischer oder zyklischer Belastung
- Versuche bei erhöhten Temperaturen
- Spezialversuche an Prüfkörpern unterschiedlichster Geometrie und Beschaffenheit

1.2 Zerstörungsfreie Materialprüfungen

- Ultraschallmessungen
- Rückprallwerte
- Bewehrungssuche
- Kraft-, Verschiebungs- und Dehnungsmessungen inkl. Photogrammetrie
- (Video-)Endoskopie
- Kriech- und Schwindversuche
- Dauerstandversuche

1.3 Experimentelle Tragsicherheitsanalyse an bestehenden Bauwerken

Bauwerke werden in der Regel auf eine begrenzte Nutzungsdauer ausgelegt und die Funktion des Bauwerks wird im Normalfall vor seiner Errichtung genau definiert. Im Laufe der Zeit kommt es durch verschiedene Einflüsse wie z. B. steigende

Verkehrsbelastung, mangelnde Unterhaltung, unvorhergesehene Umwelteinflüsse, Alterung der Materialien oder eine geplante Umnutzung dazu, dass die aktuelle Tragsicherheit nicht bekannt ist. Erschwerend kommt hinzu, dass vor allem bei Bestandsbauwerken häufig keine oder nur ungenügende Bauwerksunterlagen vorhanden sind, um die Tragfähigkeit rein rechnerisch bewerten zu können. Deshalb kann es sinnvoll sein, diese experimentell zu bestimmen, um darauf aufbauend die Restnutzungsdauer zu ermitteln oder für eine Umnutzung die Tragfähigkeit nachzuweisen.

Das Otto-Mohr-Laboratorium kann dabei folgende Aufgaben übernehmen:

- Ermittlung der aktuellen Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit von Bauwerken oder Bauwerksteilen als Grundlage für die Einschätzung der Restnutzungsdauer und der Kostenplanung
- In-situ-Tests (vertikale oder auch horizontale Belastung) an Bauwerken aller Art auch unter besonderer Berücksichtigung des Denkmalschutzes in historischen Gebäuden
- Realistische Ermittlung der Randbedingungen für eine geplante Nutzungsänderung.

II Ausstattung

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 aber auch die Bearbeitung anderer Werkstoffe.

Aktuell stehen uns ein 126 m² großes Aufspannfeld und eine große Anzahl von Prüfportalen und Prüfzylindern unterschiedlichster Geometrie und Leistungsfähigkeit zwischen 10 kN und 10 MN zur Verfügung. Weiterhin besitzen wir verschiedene Spezial-Prüfmaschinen, z. B. zur Bestimmung von mehraxialen Materialfestigkeiten oder von Festigkeiten bei hohen Dehnraten (Impakt-Versuche) sowie zur Durchführung von Versuchen unter Temperatureinfluss. Für Bauwerksprüfungen ist eine große Anzahl von Belastungsrahmen vorhanden. Zur Datenerfassung verfügen wir über eine umfangreiche Mess- und Speichertechnik, die verschiedenste Messgeräte und Messmittel einschließlich Photogrammetrie und Hochgeschwindigkeitskameras umfasst.

Im Folgenden wurde wieder eine Übersicht über die Ausstattung unseres Labors zusammengestellt:

II.1 Betonherstellung

Formen

- Stahl-Standardformen für 10er und 15er Würfel, Zylinder (Durchmesser 150 mm) und Prismen (10 × 10 × 40/50 cm, 15 × 15 × 60 cm und 16 × 4 × 4 cm)
- Spezialformen für Zylinder mit Einschnürung (Betonzugfestigkeit)
- Schalungen zur Herstellung der Standard-Textilbetonproben
- Verschiedene Sonderanfertigungen

Mischer

- Zyklus ZK 50 HE (12–30 Liter)
- Pemat/Zyklus ZK 150 HE (30–100 Liter)
- Pemat PMPR 500 (100–350 Liter)
- Zement-Mörtelmischer, Otto Mondschein Maschinenbau Typ ZMM5

Verdichtung

- Flaschenrüttler
- Rütteltisch

- Schocktisch
- Nadelprüfgerät
- Porenvolumen-Messgerät

Sonstige Ausstattung

- Diverse Waagen, Laborheizplatten, Vibratoren
- Mörtelausbreittisch und Betonausbreittisch, jeweils mit Metallform
- Grundplatte und Metallform für Slump-Prüfung
- Zwei Klimakammern im Normklimabereich und Trockenschränke
- Klimaschränke für den Temperaturbereich von -40 bis 80 °C
- Temperatur- und Feuchtigkeitsschreiber
- Betonsägen, Kernbohrgeräte (verschiedene Durchmesser)
- Bohrhämmer
- Doppel-Planarschleifmaschine
- Schrank zur Wärme(nach)behandlung von Betonbauteilen

II.2 Aufspannfelder und Portale

- Aufspannfeld in der Mohr-Halle (Fläche: 21,0 × 6,0 m, Raster: 1,50 m, Kapazität je Prüfportal: bis 1 MN kombinierbar, Prüfung von Einzelelementen bis zu 10 t Gewicht und 5 m Höhe möglich)



Beim Betonieren

Foto: Doreen Sonntag



Kennwertermittlung an einem Holzzugstab
Foto: Doreen Sonntag

- ❑ Aufspannfeld im Technikum (Fläche: ca. 15,0 x 10,5 m, Raster: 1,50 m, Lastkapazität bis 1 MN)
- ❑ Mehrere variable Portale ($H_{\max} = 4,0$ und 5,25 m sowie $2 \times H_{\max} = 6,00$ m)

II.3 Prüfmaschinen und -vorrichtungen für Standard- und Spezialprüfungen

Prüfmaschinen für statische Druck-, Zug- und Biegeversuche

- ❑ DB 6000-4,0 (Maximallast: 6.000 kN Druck, lichte Einbauhöhe: bis 4,0 m)
- ❑ DB 6000-1,5 (Maximallast: 6.000 kN Druck, lichte Einbauhöhe: bis 1,5 m)
- ❑ DB 3000-0,6 (Maximallast: 3.000 kN Druck, lichte Einbauhöhe: bis 0,6 m)
- ❑ DB 600 (Maximallast: 600 kN Druck)
- ❑ ZD 1000 (Maximallast: 1 MN Druck bzw. Zug)
- ❑ ZD 100 (Maximallast: 100 kN Druck bzw. Zug)
- ❑ Zug-Druck-Prüfmaschine (Typ Zwick) mit drei

Lastachsen (Maximallasten von 10, 50 und 250 kN Druck bzw. Zug möglich)

Prüfmaschinen für statische und dynamische Zug-, Druck- und Biegeprüfungen

- ❑ Prüfzylinderanlage (mit mindestens je zwei Prüfzylindern mit maximalen Lasthöhen zwischen 10 und 1.000 kN)
- ❑ Pulsatoranlage (Lastwechselfrequenzen 1–12 Hz möglich in Abhängigkeit der zugehörigen Prüfkörperverformung)
- ❑ 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)
- ❑ ZD 25 (Maximallast: 25 kN Druck bzw. Zug)

Spezielle Prüfmaschinen und sonstige Ausstattung

- ❑ Triaxial-Prüfmaschine (Maximallast: 500 kN Zug oder 5.000 kN Druck je Achse, Lasteinleitung: starre Platten oder Belastungsbürsten unterschiedlicher Geometrie, maximale Prüfkörpergröße: Quader mit 30 cm Kantenlänge)
- ❑ Biaxial-Prüfmaschine (Maximallast: 90 kN Zug je Achse)
- ❑ Triaxialzelle (maximale Vertikallast: 125 kN Druck, maximaler Radialdruck: 5 MPa, zylindrische Prüfkörper mit einem Durchmesser von 2,54 cm und einer Höhe von 5,08 cm, Temperaturen bis 150 °C möglich)
- ❑ Horizontaler 20-MN-Belastungsrahmen (Maximallast: derzeit 10 MN (auf 20 MN aufrüstbar), maximale Prüflänge (freie Länge): 5,0 m bei Druckversuchen bzw. bis zu 7,50 m bei Zugversuchen)
- ❑ Horizontale Kettenzugmaschine (Maximallast: 400 kN, maximale Einspannlänge: 6 m)
- ❑ 10-MN-Bauteilprüfmaschine (Prüfkörpergröße bis $B \times L \times H = 2,5 \times 15,0 \times 3,7$ m, maximales Prüfkörpergewicht: derzeit 60 t (auf 120 t aufrüstbar))
- ❑ Split-Hopkinson-Bar für hochdynamische Belastungsversuche (max. Belastungsgeschwindigkeit bis 35 m/s, zylindrische Prüfkörper mit einem Durchmesser von 50 mm und einer Länge von 150 mm bei Druck- und einer Länge ab 200 mm bei Spallationsversuchen, kinetische Energie des Impaktors: bis zu 1,8 kJ)

- Zweiaxialer Split-Hopkinson-Bar für hochdynamische Belastungsversuche (max. Belastungsgeschwindigkeit: 35 m/s, Prüfkörper: 60 × 60 × 60 mm, kinetische Energie des Impaktors: je Achse bis zu 1,8 kJ)
- Kleiner Fallgewichtsversuchsstand ($H_{\max} = 5,0$ m, maximales Fallgewicht: 49,1 kg)
- Großer Fallversuchsstand (Fallturm) mit Fallschlitten- und Beschleunigungssystem (Fallschlittensystem: $H_{\max} = 11,0$ m, maximales Fallgewicht 2.500 kg, Beschleunigung bis 15 m/s; Beschleunigungssystem: $H_{\max} = 11,0$ m, maximales Fallgewicht 160 kg, Beschleunigung bis 160 m/s)

Sonstige Ausstattung

- Vorrichtungen für 3- und 4-Punkt-Biegeversuche für Standardprüfungen
- Modellstatik-Prüfstände zur Untersuchung von Stabwerk- und Flächenmodellen
- Kriechstände mit mechanischer oder pneumatischer Lasterzeugung
- Plattenprüfstand
- Fassadenprüfstand für Platten bis 2,4 × 2,4 m
- Versuchsstand für Schubversuche
- Ausstattung zur Durchführung von Versuchen mit variabler Temperaturbeanspruchung
- Versuchsstand zur Prüfung von Platten unter Windbeanspruchung
- Mehrere Steuerpulte

II.4 Ausrüstung für Bauwerksprüfungen

- Verschiedene Belastungsrahmen für In-situ-Prüfungen an Brücken, Decken, Stützen, Masten, Geländern etc.
- Ultraschallmessgerät
- Profometer 3 (Bewehrungsortung)
- Rückprallhammer
- (Video-)Endoskopiegerät
- Ausrüstung zur Entnahme von Bohrkernen

II.5 Messtechnik

Messdatenerfassung

- Messverstärker: MGC, MGCplus, Quantum MX840 und Spider 8
- Vielstellenmessgerät: UPM100
- Nahbereichsphotogrammetrie:
 - AICON-3D-System mit vier Kameras und Zubehör
 - GOM ARAMIS 3D mit zwei Kameras (5 MP) und Zubehör

- GOM ARAMIS 2D mit vier Kameras (12 MP) und Zubehör
- Verschiedene Spiegelreflex- und Kompaktkamerasysteme
- Transientenrekorder für Messungen bei Hochgeschwindigkeitsversuchen
- AOS-Messgerät für Faser-Bragg-Gitter-Sensoren
- 2 Hochgeschwindigkeitskameras Photron Fastcam SA5
- Geräte zur Fernüberwachung von Messungen

Sensorik

- Verschiedene Kraftmessdosen zwischen 1 und 10.000 kN
- Dehnmessstreifen
- Induktive Wegaufnehmer
- Faser-Bragg-Gitter
- Dehnungsaufnehmer
- Beschleunigungsaufnehmer
- Dynamische Kraftsensoren
- Thermoelemente und Feuchtesensoren (Luftfeuchte)
- Extensometer
- Seilzugsensor
- Windmesser

Vermessung

- Nivelliergerät
- Theodolit
- Verschiedene Entfernungsmessgeräte

Sonstiges

- Neigungssensor (Winkelbestimmung bis +/- 30 °)
- Inclinometer LSOC-0120 (Winkelbestimmung bis +/- 3 °)
- Verschiedenste mechanische Längenmessgeräte (u. a. Messuhren, Setzdehnungsmesser (Bauart Pfender/Setzdehnungsmesser), Messschraube bzw. Mikrometerschraube)
- Hand-Held-Shaker
- Magnet-Messstativ
- Federzugkraftmesser
- Verschiedene Kraftmessbügel

II.6 Metallwerkstatt

- Umfangreiche, gut sortierte Auswahl an Standard-Werkzeugen
- Drehbänke
- Fräse
- Säge
- Ständerbohrmaschinen



Regelmäßig werden im OML Schüler und Praktikanten beschäftigt

Foto: Doreen Sonntag

- Drehmomentenschlüssel
- Nivelliergeräte
- Stahlhobelmaschine

II.7 Holzwerkstatt

- Umfangreiche, gut sortierte Auswahl an Standardwerkzeugen
- Fräse
- Abrichte
- Werkbänke
- Ständerbohrmaschine
- Bandsäge
- Kreissäge
- Hobelmaschine

II.8 Sonstige Ausrüstung

- Zwei Brückenkrane (Tragkraft je 5 t) in der Mohr-Halle, ein Brückenkran (Tragkraft 5 t) im Technikum (Bereich Betonierhalle), ein Brückenkran (Tragkraft 10 t) im Technikum (Bereich Versuchshalle)
- Gabelstapler (Tragkraft 3 t)
- Schweißerausrüstung (elektro und autogen)
- Mobile Druckölaggregate
- Aggregat zum Sandstrahlen
- Schwerlastwagen bis 60 t Tragkraft
- Geräte zum Anheben und Verschieben von bautechnisch relevanten Lasten bis 120 t durch Einsatz hydraulischer Hebetchnik

Probelastung von Stahlsteindecken

Für die Neuunterbringung des Polizeireviers in Hoyerswerda wird derzeit ein mehrgeschossiges Gebäude aus dem Jahr 1910 saniert. Aufgrund der vorhandenen großen Spannweite der Stahlsteindecken und der Problematik hinsichtlich des rechnerischen Nachweises derartiger Decken mit Spannweiten größer als 2 m sowie der vorgesehenen Verkehrslast sollten durch experimentelle Belastungen ausgewählter Deckenbereiche deren Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit überprüft und die Möglichkeit der Übertragbarkeit dieser Ergebnisse auf nicht geprüfte gleichartige Deckenbereiche untersucht werden.

Bei den Decken handelt es sich um eine Art Kleinesche Decken mit Lochsteinen und Flacheisen in den Fugen. Die Decken lagern auf Mauerwerkswänden bzw. den unteren Flanschen von stählernen I-Trägern auf. Aufgrund der vorhandenen Deckenstützweiten von bis zu 3 m musste damit gerechnet werden, dass im Ergebnis der Belastungsversuche die gewünschte Tragsicherheit nicht erreicht wird.

Die nachzuweisende Flächenlast von bis zu $7,50 \text{ kN/m}^2$ (Eigenlast zzgl. Verkehrslast) wurde durch äquivalente Lasten realisiert, indem die Belastung auf insgesamt 24 Lasteinleitungsstellen (ca. $30 \text{ cm} \times 60 \text{ cm}$) verteilt wurde. Es wurden



Lasteintragung auf der Decke über dem Sockelgeschoss
Foto: Sabine Wellner

Titel

Belastungsversuche zur experimentellen Bestimmung der Tragsicherheit von Stahlsteindecken im Polizeirevier Hoyerswerda

Auftraggeber

Staatsbetrieb Sächsisches Immobilien- und Baumanagement, Niederlassung Bautzen, Fachbereich PBA

Zeitraum

02.2015

Gutachter

Prof. Dr.-Ing. habil. i. R. Heinz Opitz

Bearbeiter

Dr.-Ing. Torsten Hampel, Dipl.-Ing. (FH) Sabine Wellner

Partner

IBB Ingenieurbüro Baustatik Bautechnik, Dresden | Blum & Schultze Architekten, Dresden

jeweils vier Einzellasten über ein Trägersystem zusammengefasst und die Kraft mit einem Hydraulikzylinder angesteuert, der mit einer elektrischen Kraftmessdose gekoppelt war. Die belastungsbedingten Durchbiegungen wurden mit induktiven Wegaufnehmern (IWA) gemessen.

Die Ergebnisse der Versuche zeigten, dass für die belasteten bis zu 3 m weit gespannten Deckenbereiche zum Zeitpunkt der Prüfung eine ausreichende Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit

hinsichtlich der vorgesehenen Nutzung besteht und stellenweise sogar weitere Laststeigerungen möglich gewesen wären. Die im Versuch ermittelten Durchbiegungen lagen teilweise wesentlich unter den erwarteten Werten, was bedeutet, dass für die angrenzenden, weniger weit spannenden Deckenfelder ebenfalls eine ausreichende Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit vorhanden ist. Somit können die Ergebnisse auf nicht geprüfte gleichartige Deckenbereiche übertragen werden.

Fahnenmasten am Goldenen Reiter

Im Frühjahr 2014 sollte ein temporäres Kunstprojekt an den historischen Fahnenmasten am Neustädter Markt in Dresden installiert werden. Aufgrund fehlender Bestandsunterlagen und Unklarheiten hinsichtlich der mechanischen Eigenschaften und des Zustands der vorhandenen Materialien einerseits und der exakten Konstruktion der Verankerungen andererseits war ein rechnerischer Nachweis der Standsicherheit nicht möglich. Belastungsversuche an den Mastspitzen und den Ankerstäben im Sockel, in dem die Masten befestigt sind, sollten Klarheit über die Tragfähigkeit bringen.



Belastungseinrichtung für die Ankerprüfung

Foto: Sabine Wellner

Der Test der Tragfähigkeit der Ankerstangen erfolgte mit der 1,5-fachen Zugbeanspruchung aus maximal zu berücksichtigender Mastbeanspruchung. Das entspricht der zweifachen Sicherheit gegenüber der maßgebenden Mastbeanspruchung für den Gebrauchslastfall und der

sechsfachen Sicherheit gegenüber der Regelbeanspruchung. An beiden Sockeln wurden jeweils alle vier Anker untersucht.

Im Vorfeld musste eine Hilfskonstruktion entworfen und gefertigt werden, um die Lasten experimentell eintragen zu können. Diese bestand aus zwei parallel ansteuerbaren hydraulischen Zylindern, zwei Kraftmessdosen, einer lastverteilenden Stahlplatte sowie den originalen Ankermuttern, die durch den Kolbenhub der Hydraulikzylinder nach oben gedrückt wurden. Die Längenänderungen der Ankerstäbe wurden mit induktiven Wegaufnehmern (IWA) erfasst. Anhand des aufgezeichneten Verformungszustands war es gleichzeitig möglich, eine sich eventuell ankündigende mögliche Schädigung beurteilen zu können. Da die mechanischen Eigenschaften der Ankerstäbe nur schwer gefasst werden können, wurde als Abbruchkriterium der Übergangspunkt von einer elastischen zu einer plastischen Verformung definiert.

Die Sanierung der Fahnenmasten wurde im November abgeschlossen. Dem Kunstprojekt steht nun Nichts mehr im Wege.

Titel

Belastungsversuch an den Erdankern der Fahnenstangen am Goldenen Reiter

Auftraggeber

Landeshauptstadt Dresden, Dez. Finanzen und Liegenschaften, Regiebetrieb Zentrale Technische Dienstleistungen, Abt. Immobilienverwaltung, SG Kultureinrichtungen, Bibliotheken und Denkmäler

Zeitraum

06.2015

Leiter

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

Bearbeiter

Dr.-Ing. Torsten Hampel, Dipl.-Ing. (FH) Sabine Wellner, Heiko Wachtel

Projektpartner

Engelbach + Partner Ingenieurgesellschaft Dresden mbH

Hochduktiler Beton für die Straße

Das Transportaufkommen beim Straßengüterfernverkehr wächst durch geänderte wirtschaftliche Abläufe und die Expansion der EU von knapp 1,5 Mrd. Tonnen im Jahr 2004 auf voraussichtlich 2,2 Mrd. Tonnen im Jahr 2025. Neben diesen steigenden Beanspruchungen sind Straßenbefestigungen mehr denn je Extremwetterlagen ausgesetzt. Insbesondere langanhaltende Hitze sorgte in den vergangenen Jahren für viele Schäden durch Spurrinnenbildung oder Blow-up's.

Die beiden etablierten Straßenbauvarianten aus Beton oder Asphalt sind den gestiegenen Anforderungen nicht mehr gewachsen. Ziel der Forschung ist es, die Vorteile der einzelnen Bauweisen (dauerhaft, fugenlos, lärmreduziert etc.) unter Ausschluss der bekannten Nachteile in einer neuen Bauart zusammenzuführen.

Ein Ansatz ist der Einsatz von hochduktilen Betonen mit polymeren Kurzfasern mit einer bis zu 300-mal höheren Bruchdehnung als herkömmliche Betone. Das hohe Verformungsvermögen des Werkstoffes wird durch die Bildung vieler fein verteilter Risse herbeigeführt, die durch Fasern überbrückt werden. Die Rissbreiten betragen nur wenige Dutzend μm , so dass Schadmedien nur sehr langsam in den Baustoff vordringen können.

Titel

Neuartige Baustoffe und Bauweisen für schwerste zukünftige Belastungen aus Klima und Verkehr: Faserbeton

Auftraggeber

Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)

Zeitraum

11.2012 – 10.2015

Leiter

Prof. Dr.-Ing. Frohmuth Wellner,
Prof. Dr.-Ing. Viktor Mechtcherine

Bearbeiter

Dipl.-Ing. Katrin Paschke, Dipl.-Ing. Steffen Müller

Versuchsdurchführung

Otto-Mohr-Laboratorium



Versuchsstand mit hochduktilen Beton als Straßenbaumaterial
Foto: Katrin Paschke

Im Projekt soll u. a. eine vielversprechende Rezeptur hochzyklischen großmaßstäblichen Versuchen unterzogen werden. Das Versuchsfeld im OML war 2,5 m \times 2,5 m groß, die Straßenaufbauhöhe betrug 1 m. Die Lasteinleitung erfolgte zentrisch über eine Hydropulsanlage, womit pro Zyklus das Überrollen durch ein LKW-Rad simuliert wurde. Erprobt wurden vier verschiedene Straßenaufbauten. Die ersten beiden Varianten wurden mit vollständiger Bettung der 15 cm starken Faserbetonplatte auf Schotter oder auf einer 4 cm starken Asphaltzwischen-schicht ausgeführt, Variante 3 und 4 nur mit Randbettung, wobei die Plattendicke zwischen 7,5 und 15 cm variierte. Alle vier Aufbauten wurden insgesamt 3 Mio. Zyklen unterworfen, wobei die ersten 2 Mio. Zyklen bei maximal zulässiger Achslast von 55 kN/Rad und dann 1 Mio. Zyklen bei doppelter Last gefahren wurden.

Die gewonnenen Ergebnisse zeigen eine deutlich gesteigerte Tragfähigkeit der Bauweise bei gleichzeitig verringerter Plattenstärke und bilden die Grundlage für eine Weiterentwicklung im Betonstraßenbau.

Risse im Holzrohr verfolgt

Die Nationale Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030 der Bundesregierung verfolgt das Ziel, die bio-basierte Wirtschaft in Deutschland weiterzuentwickeln und auszubauen. Das vom BMBF geförderte Spitzencluster BioEconomy, dem die TU Dresden als Mitglied angehört, konzentriert sich dabei auf die integrierte stoffliche und energetische Nutzung von Non-Food-Biomasse zur Erzeugung von Werkstoffen, Chemikalien und Produkten aus neuen Materialien und Energieträgern. Ein Schwerpunkt ist die Nutzung von heimischem Laubholz, insbesondere der Rotbuche. Die stoffliche Nutzung des Holzes besitzt dabei Vorrang, bevor Rest- und Abfallprodukte zunächst chemisch weiterverarbeitet und letztlich zur Energiegewinnung genutzt werden.

Am Institut für Stahl- und Holzbau wurde dazu zusammen mit Projektpartnern aus der Wirtschaft versucht, das für Nadelholz bewährte Formholzverfahren zur Herstellung von tragenden Hohlprofilen durch Umformung ebener Platten auf die Verwendung von Rotbuche zu übertragen. Nach umfangreichen Voruntersuchungen wurde eine Kleinserie von Formholzrohren aus Buche mit einer Länge von 3 m, einem Durchmesser von 32 cm und einer Wandstärke von 2 cm in einer Pilotanlage bei einem Projektpartner hergestellt. Die experimentellen Untersuchungen zur Bestimmung des Tragverhaltens unter axialer Druckbe-

Titel

VP 1.4: Faserverstärkte Formholzprodukte aus Buche

Förderer

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) / Spitzencluster BioEconomy

Zeitraum

07.2012 – 06.2015

Leiter

Prof. Dr.-Ing. Peer Haller

Bearbeiter:

Dr.-Ing. Jens Hartig, Dipl.-Ing. Jörg Wehsener, Thomas Händel

Versuchsdurchführung

Otto-Mohr-Laboratorium

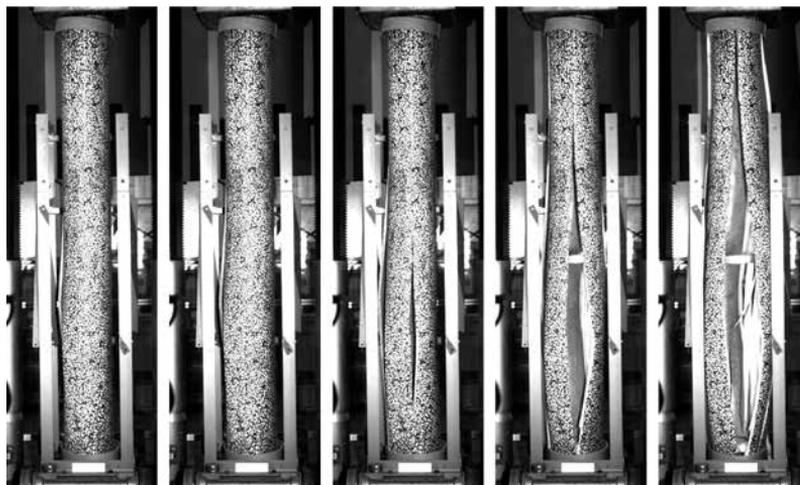
Projektpartner

vier Unternehmen aus der Wirtschaft

lastung wurden im Otto-Mohr-Laboratorium der TU Dresden durchgeführt.

Die Kraft von maximal 1,5 MN wurde in einer Säulenprüfmaschine weggesteuert aufgebracht und mit einer Kraftmessdose gemessen. Die Verformung wurde photogrammetrisch bestimmt. Zusätzlich wurde erstmals das Versagen mit einer Hochgeschwindigkeitskamera aufgezeichnet.

Die Auswertung der Ergebnisse zeigte, dass die Formholzrohre eine Tragfähigkeit aufweisen, die



Ausbildung von Längsrissen im Formholzrohr nach Überschreiten der Längsdruckfestigkeit (5 ms Zeitunterschied zwischen den Bildern)

Fotos: Jens Hartig

der Druckfestigkeit des Holzes (ca. 60 N/mm²) entspricht. Somit kann davon ausgegangen werden, dass das Formholzverfahren die Holzstruktur kaum beeinträchtigt. Des Weiteren konnte mit der Hochgeschwindigkeitskamera das Versagen detailliert beobachtet werden. Nach Überschreiten der Druckfestigkeit reißt das Rohr zuerst an einer Stelle entlang der Holzfasern auf. Durch den Verlust der Ringwirkung entstehen dann weitere Risse, die den Querschnitt in mehrere Lamellen aufteilen.

Platz da! für den A 380 am Flughafen

Das bisher weltweit größte Passagierflugzeug, der Airbus A 380, kann zukünftig im neuen Reparaturstützpunkt der Elbe Flugzeugwerke GmbH gewartet werden, denn im Rahmen der Erweiterung der Halle 285 wurde die Hallendachkonstruktion zwecks Lichtraumvergrößerung für das doppelstöckige Riesenflugzeug umgebaut. Hierfür wurden neue Stahl-Fachwerkverbände eingebaut, welche während des Aufbringens einer Vorspannung messtechnisch überwacht werden sollten. Ziel der Messung war es, die Dehnungen in den Zugstangen sowie die daraus resultierende Zugkraft zu ermitteln und aufzuzeichnen.



Die neuen Stahl-Fachwerkverbände der Halle 285 im Einbauzustand
Foto: Maik Patricny

Für die Bestimmung der Dehnung sowie der Vorspannkraft der Zugstangen wurden je Rundstab zwei Dehnmessstreifen angebracht. Die zweifache Ausführung diente zum einen der Ermittlung der Dehnungen und Stauchungen des Stabes im unbelasteten sowie belasteten Einbauzustand, zum anderen konnte somit die Messung für den Fall abgesichert werden, dass während der Spannarbeiten ein Dehnmessstreifen ausfallen sollte.

Alle Dehnmessstreifen wurden vor dem Einbau der Zugstangen auf diesen appliziert und anschließend gegen Beschädigungen beim Heben und Einbauen geschützt. Die Zugstangen wurden nach dem Einbau zunächst handfest angespannt. Vor dem eigentlichen Spannen wurde eine Dauer-messung zur Kalibrierung der Dehnmessstreifen durchgeführt. Des Weiteren wurde je Prüffachse ein Temperaturfühler angebracht, um einen möglichen Einfluss der Temperatur auf die ermittelten Dehnungswerte erkennen zu können.

Anschließend erfolgte ein abwechselndes gleichmäßiges Anheben der Knotenpunkte in den Ach-

sen mit hydraulischen Pressen. Dadurch wurden die Zugstangen zunächst spannungsfrei gestellt und danach durch das Anspannen der Verbände mit Spanschlössern die erforderliche Zugkraft bzw. Dehnung aufgebracht.

Nach der erfolgreichen Lichtraumvergrößerung der Halle 285 und dem anschließenden Abschluss der Ausbaurbeiten können zukünftig Wartungs-, Reparatur- und Umbauarbeiten an dem 73 Meter langen und 24 Meter hohen Großraum-Jet auch am Flughafen in Dresden durchgeführt werden.

Titel

Messtechnische Begleitung der Vorspannarbeiten im Zuge der Erweiterung der Halle 285 der Elbe Flugzeugwerke GmbH

Auftraggeber

Stahlbau Brehna GmbH

Zeitraum

08.2015

Leiter

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

Bearbeiter

Dr.-Ing. Torsten Hampel, Dipl.-Ing. (FH) Sabine Wellner, Heiko Wachtel, Bernd Wehner, Maik Patricny





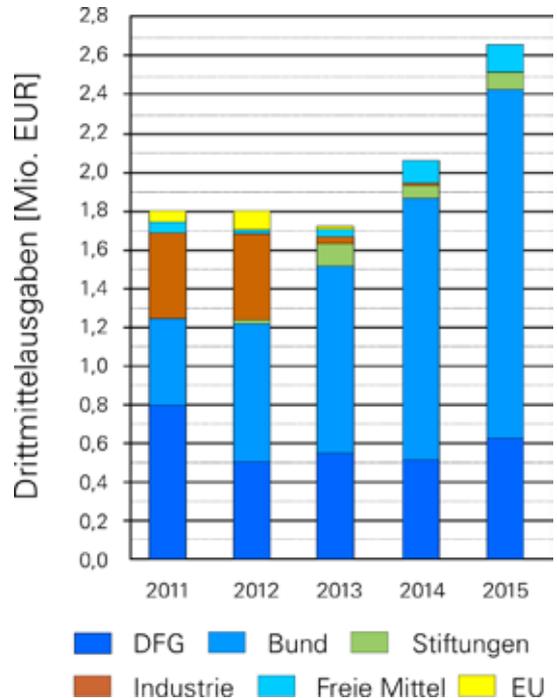
INSTITUT

DAS INSTITUT FÜR MASSIVBAU IN ZAHLEN UND FAKTEN

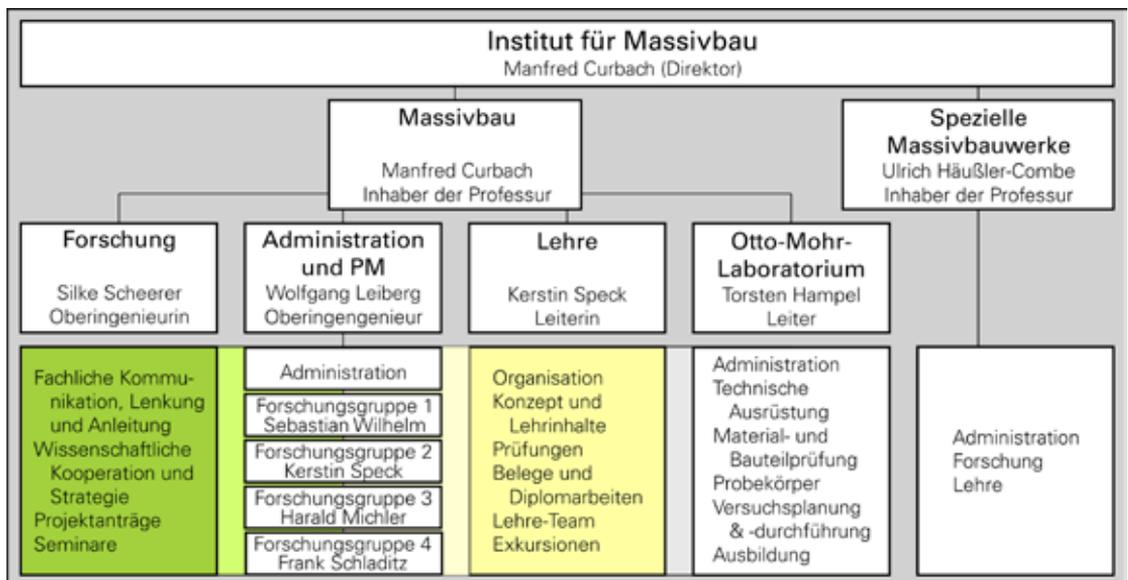
1 Organisationsstruktur

Die Arbeit im Großprojekt C³ – Carbon Concrete Composite, welches im Rahmen des Programms Zwanzig20 des BMBF gefördert wird, stellt hohe Anforderungen an die Organisations- und Kommunikationsprozesse des Instituts. Der starke Mitarbeiterzuwachs erforderte die Einrichtung eines externen Institutsstandortes. Leitung und Controlling von Projekten mit bis zu 18 Partnern aus Wirtschaft und Wissenschaft stellt viele Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen vor völlig neue Herausforderungen. Gleichzeitig lernen wir bei der Lösung dieser Aufgaben in vielen Bereichen, professionalisieren das Projektmanagement, versuchen, fokussierter und zielorientierter Aufgaben zu lösen und überwinden immer besser die Probleme bei der Überführung von Erkenntnissen der Grundlagenforschung in die wirtschaftliche Anwendung. So verwirklichen wir täglich die Vision des C³-Projektes „Bauen neu denken“.

Die organisatorische Struktur des Instituts blieb unverändert. Dr.-Ing. Harald Michler übernahm die Leitung der Forschungsgruppe 3 „Textilbeton“ und Dipl.-Ing. Sebastian Wilhelm die der



Entwicklung der Drittmittelausgaben in den Jahren 2011 – 2015
Grafik: Wolfgang Leiberg



Organigramm des Instituts für Massivbau (Stand: 31.12.2015) Grafik: Wolfgang Leiberg

Forschungsgruppe 1 „Leicht Bauen / Verbund“. Mit zunehmender Anzahl von Projekten, Partnern, Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen verstärken wir unser Engagement für eine stärker dezentralisierte Verwaltung. Wir wollen eine fachbezogene, schlanke, schnelle und prozessnahe Verwaltung aufbauen, die uns bei der Verwirklichung unserer Ziele in Forschung und Lehre nach Kräften unterstützt.

2 Grundausrüstung und Drittmittel

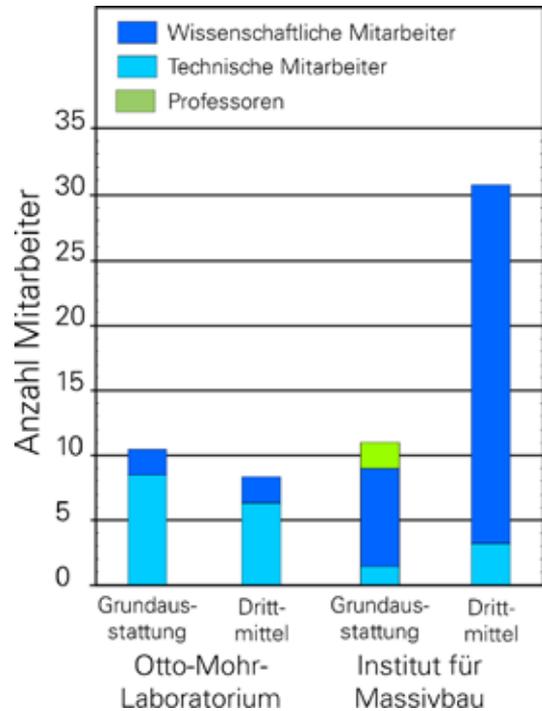
Die Grundausrüstung des Instituts für Massivbau bestand im Jahr 2015 aus 36.196 € Sachmitteln, einer Bürofläche von 716 m² und einer Laborfläche von 2.442 m². Aus Haushaltsmitteln wurden 9,5 Stellen für wissenschaftliche, 10 Stellen für technische Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sowie 2 Professorenstellen finanziert.

Der Drittmittelumsatz erhöhte sich um 28 %. Mit der bereits deutlichen Steigerung 2014 ergibt sich damit eine Zunahme der Drittmittelausgaben gegenüber 2013 um 65 %. Getragen wird dieser Trend im Wesentlichen durch Projekte im Bereich Carbonbeton, auf welche gegenwärtig ca. 50 % der Drittmittelausgaben entfallen. Auf das Forschungsfeld Impakt entfallen ca. 20 % des Umsatzes.

Die Anzahl der Plan- und Drittmittelstellen blieb im vergangenen Jahr nahezu unverändert. Im Jahr 2016 ist mit weiteren Einstellungen zu rechnen. Im Otto-Mohr-Laboratorium konnte ein weiterer wissenschaftlicher Mitarbeiter die Arbeit aufnehmen.

3 Leistungen in der Forschung

Das Jahr 2015 war gekennzeichnet von sehr unterschiedlichen Projektphasen in den einzelnen Forschungsfeldern. Im Rahmen der Strategiephase im Großprojekt C³ – Carbon Concrete Composite, welche im Juni 2015 endete, wurden Strategie-, Management-, Kommunikations- und Innovationskonzepte entwickelt. Für die Anpassung, Weiterentwicklung und Umsetzung dieser Konzepte wurde ein Folgeprojekt beantragt und bewilligt. Bereits Anfang 2015 begannen die Arbeiten in den C³-Basisprojekten. Das Basisprojekt B3 „Entwicklung von Bemessungs- und Sicherheitskonzepten sowie standardisierter Prüfkonzepte zur Materialcharakterisierung von Carbonbeton“ wird von unserem Institut geleitet.



Planstellen und Drittmittelstellen im Jahr 2015
(Stand 31.12.2015)
Grafik: Wolfgang Leiberg

Das DFG-Schwerpunktprogramm 1542 „Leicht Bauen mit Beton – Grundlagen für das Bauen der Zukunft mit bionischen und mathematischen Entwurfsprinzipien“, welches wir koordinieren und innerhalb dessen wir zwei Teilprojekte bearbeiten, ging erfolgreich in die Phase 2.

Innerhalb des Forschungsschwerpunkts „Verhalten von Beton unter dynamischer Beanspruchung“ wurde 2015 mit der Bearbeitung von drei neuen Projekten begonnen. Die teilweise neu entwickelten und eigenständig realisierten Versuchseinrichtungen zweiaxialer Split-Hopkinson-Bar und Fallturmanlage wurden optimiert und erweitert.

Parallel zu den Großprojekten konnte 2015 eine Reihe von Projekten der angewandten Forschung erfolgreich abgeschlossen werden. Im Folgenden sind die Forschungsprojekte aufgelistet, welche durch das Institut für Massivbau 2015 bearbeitet wurden.

Wissenschaftlich-Technische Betreuung (WTB) beim Projekt zur Anwendung der Nachrechnungsrichtlinie auf den Brückenbestand Mecklenburg-Vorpommerns

Auftraggeber: Landesamt für Straßenbau und Verkehr Mecklenburg-Vorpommern
 Laufzeit: 01.05.2011 – 30.06.2016

Koordination, zentrale Aufgaben und Öffentlichkeitsarbeit des SPP 1542

Förderer: DFG
 Laufzeit: 01.07.2011 – 30.09.2014 – Phase 1
 01.10.2014 – 30.09.2017 – Phase 2

Querschnittsadaption für stabförmige Druckbauteile (SPP 1542)

Förderer: DFG
 Laufzeit: 01.07.2011 – 30.09.2014 – Phase 1
 01.10.2014 – 30.09.2017 – Phase 2

Leichte Deckentragwerke aus geschichteten Hochleistungsbetonen (SPP 1542)

Förderer: DFG
 Laufzeit: 01.10.2011 – 31.10.2014 – Phase 1
 01.11.2014 – 31.10.2017 – Phase 2

Möglichkeiten zur Beschleunigung von Untersuchungen zur Betonermüdung unter sehr hohen Lastwechselzahlen

Förderer: DAfStb
 Laufzeit: 01.01.2012 – 30.04.2016

DEM-Simulationen zum mehraxialen Schädigungsverhalten von Beton

Förderer: DFG
 Laufzeit: 01.03.2012 – 28.02.2014 – Phase 1
 01.08.2014 – 31.07.2016 – Phase 2

Klimaneutrale Strahlungsheizung aus Textilbeton – Entwicklung von tragenden Textilbetonbauteilen mit adaptiven Heizstrukturen aus Kohlenstofffasern für klimaneutrale Gebäudeenergiekonzepte | smarttex

Förderer: BMWi
 Projektträger: AiF Projekt GmbH
 Laufzeit: 01.06.2012 – 31.08.2015

Modellierung des Verbundverhaltens von Beton- und Spannstahl unter Querzug

Förderer: BMWi
 Projektträger: GRS
 Laufzeit: 01.07.2012 – 30.09.2015

Bauteilverhalten unter stoßartiger Beanspruchung durch aufprallende Behälter (Flugzeugtanks)

Förderer: BMWi
 Projektträger: GRS
 Laufzeit: 01.07.2012 – 31.12.2014 – Phase 1A
 01.08.2014 – 31.07.2016 – Phase 1B

ROBEX – Robotische Erkundung unter Extrembedingungen

Förderer: Helmholtz-Gemeinschaft
 Laufzeit: 01.10.2012 – 30.09.2017

Raumabschließende Bauelemente aus Textilbeton unter Temperaturbeanspruchungen

Förderer: BMWi
 Projektträger: AiF
 Laufzeit: 01.10.2012 – 31.08.2015

Entwicklung einer Bemessungssoftware für Bauteilverstärkungen aus Textilbeton

Förderer: BMWi
 Projektträger: AiF Projekt GmbH
 Laufzeit: 01.11.2012 – 30.04.2015

Material- und Verfahrensentwicklung für nachhaltige Instandhaltungs-, Instandsetzungs- und Sanierungsmaßnahmen von Abwasserbauwerken unter Verwendung von textilbewehrten Betonen

Förderer: BMWi
 Projektträger: AiF Projekt GmbH
 Laufzeit: 01.04.2013 – 31.03.2015

Experimentelle Untersuchung von Stahlbetonplatten unter Impaktbelastung

Förderer: DFG
 Laufzeit: 01.07.2013 – 30.06.2016

Untersuchungen zum Einfluss elektrischer, thermischer und mechanischer Belastung auf die Materialparameter sowie zur elektrischen Lebensdauer des bewehrten UHPC (KoHöMaT)

Förderer: BMWi
 Projektträger: PT Jülich
 Laufzeit: 01.10.2013 – 31.03.2016

Simulation des Betonbruchverhaltens mit diskreten Elementen

Förderer: DFG (Zukunftskonzept TU Dresden)
 Laufzeit: 01.10.2013 – 31.10.2017

Strategievorhaben S1: Entwicklung einer Innovationsstrategie in komplexen Wertschöpfungsketten am Beispiel Carbon Concrete Composite C³ (C³)

Förderer: BMBF

Projektträger: PT Jülich

Laufzeit: 01.01.2014 – 30.06.2015

Bemessungs- und Konstruktionsempfehlungen für statisch wirksame Einbauteile in Textilbetonfertigteilen

Förderer: BMWi

Projektträger: AiF Projekt GmbH

Laufzeit: 01.05.2014 – 31.10.2015

Experimentelle Untersuchungen zur Prüfung und Entwicklung von Materialien im Bereich des Textilbetons sowie funktionspezifische Bauteilprüfungen an Textilbetonelementen (Wachstumskern autartec®)

Förderer: BMBF

Projektträger: PT Jülich

Laufzeit: 01.09.2014 – 31.08.2017

Produkt- und Verfahrensentwicklung von leichten tragenden Deckenelementen aus textildbewehrtem Beton für das Bauen im Bestand

Förderer: BMWi

Projektträger: AiF Projekt GmbH

Laufzeit: 01.07.2014 – 30.06.2016

Verbund zwischen Beton und Bewehrungsstahl bei hohen Belastungsgeschwindigkeiten

Förderer: BMWi

Projektträger: GRS

Laufzeit: 01.10.2014 – 30.09.2017

Zweiachiale Betondruckfestigkeit unter hohen Belastungsgeschwindigkeiten

Förderer: BMWi

Projektträger: GRS

Laufzeit: 01.10.2014 – 30.09.2017

Willy Gehler (1876–1953) – Spitzenforschung, politische Selbstmobilisierung und historische Rezeption eines bedeutenden Bauingenieurs und Hochschullehrers im „Jahrhundert der Extreme“

Förderer: DFG

Laufzeit: 01.11.2014 – 31.10.2017

Materialeffiziente und praxisgerechte Gestaltung von Verankerungen und Übergreifungen von Textilbetonbewehrungen aus Rovings hoher Feinheiten

Förderer: BMWi

Projektträger: AiF

Laufzeit: 01.01.2015 – 30.06.2017

Basisvorhaben B1: Beschichtungen und Bewehrungsstrukturen für den Carbonbetonbau (C³)

Förderer: BMBF

Projektträger: PT Jülich

Laufzeit: 01.05.2015 – 31.10.2016

Basisvorhaben B3: Konstruktionsgrundsätze, Sicherheits- und Bemessungskonzepte sowie standardisierte Prüfmethode für Carbonbeton (C³)

Förderer: BMBF

Projektträger: PT Jülich

Laufzeit: 01.01.2015 – 30.06.2016

Strategievorhaben S2: Strategiefortschreibung und konzeptionelle Innovationsförderung von Carbon Concrete Composite – C³ (C³)

Förderer: BMBF

Projektträger: PT Jülich

Laufzeit: 01.06.2015 – 31.12.2019

V1.1: Untersuchung von Nachbehandlungsmethoden zur Sicherstellung einer dauerhaften Oberfläche und Beitrag zur Konstruktion von An- und Einbauteilen für Carbonbeton (C³)

Förderer: BMBF

Projektträger: PT Jülich

Laufzeit: 01.12.2015 – 31.03.2018

Experimentelle Untersuchungen des Tragverhaltens von Textilbeton unter einaxialer Druckbeanspruchung

Förderer: DFG

Laufzeit: 01.09.2015 – 31.08.2017

4 Wichtige Publikationen

Curbach, M.: Sieben Brücken – Brücken for Europe. Marginalien, Bd. 1, Dresden: Institut für Massivbau der TU Dresden, 2015, 44 S.

Häußler-Combe, U.; Jesse, F.; Weselek, J.: Konzeption von Teilsicherheitsfaktoren für Verstärkungen von Biegequerschnitten mittels Carbonbeton. Beton- und Stahlbetonbau 110 (2015) 11, S. 747–758 – DOI: 10.1002/best.201500042

Mehlhorn, G.; Curbach, M. (Hrsg.): Handbuch Brücken. 3. überarb. u. erw. Aufl., Wiesbaden:

Springer Vieweg, 2014 (erschienen 3/2015), 1388 S.

Ritter, R.; Curbach, M.: Material Behavior of Ultra-High-Strength Concrete under Multiaxial Stress States. ACI Materials Journal 112 (2015) 5, pp. 641–651

Wilhelm, T.; Scheerer, S.; Hampel, T.; Bauer, T.; Müller, M.: Materialuntersuchungen an Hennigsdorfer Spannstahl aus Brückenbauwerken. Bautechnik 92 (2015) 2, S. 93–104

5 Wichtige Konferenzbeiträge

Häussler-Combe, U.; Panteki, E.; Kühn, T.: Strain rate effects for spallation of concrete. In: Cado-ni, E. (Ed.): Proceedings of DYMAT 2015 – 11th International Conference on the Mechanical and Physical Behaviour of Materials under Dynamic Loading, 7.–11.9.2015 in Lugano (Schweiz), papers published digitally by EDP Sciences, S. 04006-p.1–04006-p.6 – DOI: 10.1051/epj-conf/20159404006

Quast, M.; Curbach, M.: Material behaviour of concrete under biaxial dynamic loading. In: Kodur, V. K. R.; Banthia, N. (Eds.): Proceedings of Protect 2015, 7.–11.9.2015 at Michigan State University in East Lansing (USA), Lancaster (Pennsylvania): DEStech Publications, Inc., 2015, pp. 3–11

Reischl, D. S.; Curbach, M.: Virtual concrete specimens: Discrete element simulations of the quasistatic and dynamic material behavior and failure mechanisms of concrete and mortar. In: Oñate, E.; Bischoff, M.; Owen, D. R. J.; Wriggers, P.; Zohdi, T. (Eds.): Proceedings of 4th Conference on Particle-Based Methods – PARTICLES 2015, 28.–30.9.2015 in Barcelona (Spain), Barcelona: CIMNE, 2015, pp. 367–378 – ISBN: 978-84-944244-7-2

Schmidt, A.; Curbach, M.: Buckling failure of columns – with form variations to higher load capacities. In: KIVI (Hrsg.): Future Visions, Proceedings of the International Association for Shell and Spatial Structures (IASS) Symposium 2015, 17.–20.8.2015 in Amsterdam (Netherlands), paper

no. IASS2015-501715, 12 pp. – ISBN (electronic): 978-90-5363-042-6, 08/2015 (published on USB stick).

Schütze, E.; Lorenz, E.; Curbach, M.: Static and Dynamic Fatigue Strength of Textile Reinforced Concrete. In: IABSE (Ed.): Elegance in Structures, Proceedings of IABSE Conference Nara 2015, 13.–15.5.2015 in Nara (Japan), printed in Japan, 2015, pp. 332–333 (abstract; full paper on CD: 8 pp.) – ISBN 978-3-85748-138-3

Senckpiel, T.; Häussler-Combe, U.: Model development and comparisons for light shell structures in textile reinforced concrete. In: Ferreira, A. J. M.; Viola, E.; Tornabene, F. (Eds.): Proceedings of International Conference on Shells, Plates and Beams 2015, 9.–11.9.2015 in Bologna, Bologna: University of Bologna, 2015, p. 31 (abstract)

Tietze, M.; Kahnt, A.; Schladitz, F.; Scheerer, S.; Curbach, M.: C³ – Carbon reinforced concrete construction of the future. In: Stang, H.; Braestrup, M.: (Eds.): Concrete – Innovation and Design, Proceedings of the Int. fib-Symposium 2015, 18.–20.5.2015 in Copenhagen (Denmark), 2015, p. 479 (abstract; full paper on CD: 9 pp.)

Zobel, R.; Curbach, M.: Bond modelling of reinforcing steel under transverse tension. In: Stang, H.; Braestrup, M.: (Eds.): Concrete – Innovation and Design, Proceedings of the Int. fib-Symposium 2015, 18.–20.5.2015 in Copenhagen (Denmark), 2015, pp. 426–427 (abstract; full paper on CD: 11 pp.)

6 Leistungen in der Lehre

Wesentliche Aufgabe der Universität und des Instituts ist – neben der Forschung – die Ausbildung von Studenten und die Heranbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses. In Vorlesungen, Seminaren und Übungen wird Wissen vermittelt und gefestigt. In Hausaufgaben und Belegen zeigen die Studenten, ob sie das Gelernte anwenden können. Neben den Studenten des Diplomstudien- bzw. Aufbau-

studienganges Bauingenieurwesen (BIW) werden vom Institut für Massivbau auch Lehrveranstaltungen in dem englischsprachigen Masterstudiengang Advanced Computational and Civil Engineering Structural Studies (ACCESS) sowie in den Studiengängen Wasserwirtschaft (BWA), Wirtschaftsingenieurwesen (WING-MA) und Erziehungswissenschaften (EW) angeboten.

Veranstaltung	Art	Sem.	Vortragende / Betreuer	SWS	Studiengang
Stahlbetonbau	V/Ü	5.	Speck, Wilhelm	1/1	BIW
Mauerwerksbau	V	5.	Häußler-Combe	1	BIW
Entwurf von Massivbauwerken	V	7.	Curbach, Scheerer	2	BIW
Verstärken von Massivbauwerken	V	7.	Zobel	2	BIW
Massivbrückenbau	V	7.	Curbach, Just	2	BIW
Schräggabelbrücken	V	7.	Svensson	1	BIW
Nachhaltige Tragwerksplanung	V	7.	Speck	1	BIW, EW
Innovation Massivbrückenbau – Faszination der Vielfalt	V	–	Curbach	0,13	Studium generale
Projektarbeit	B	9.	Ewertowski, Finzel, Frenzel, Just, Michler, Quast, Reute, Scheerer, A. Schmidt, Schütze, Speck, Steinbock, Walther, Weselek, Wilhelm, Zobel	780 h	BIW
Project work	B	4.	Garibaldi, Just, Kühn, Müller, Panteki, Reischl, Scheerer, Speck, Weselek, Wilhelm, Zobel	720 h	ACCESS

Lehrveranstaltungen im Wintersemester 2014/2015

Veranstaltung	Art	Sem.	Vortragende / Betreuer	SWS	Studiengang
Stahlbetonbau	V	4.	Speck	2	BIW
Stahlbetonbau	V/Ü	6.	Speck, Wilhelm	2/2	BIW
Stahlbetonbau	V/Ü	6.	Scheerer, A. Schmidt	2/2	BWA, WING-MA
Stahlbetonkonstruktionslehre	V/Ü	6.	Häußler-Combe	2/1	BIW
Entwurf von Massivbauwerken	V/Ü	8.	Scheerer, Bösche, Michler, Quast, Speck, Steinbock, Walther	1/3	BIW
Verstärken von Massivbauwerken	Ü	8.	Zobel, Müller	1,5	BIW
Mess- und Versuchstechnik	V/Ü	8.	Hampel	1/0,5	BIW
Schräggabelbrücken	V	8.	Svensson	1	BIW
Spezialbauwerke des Wasserwesens	V	8.	Häußler-Combe	1	BIW
Computational Engineering im Massivbau	V/Ü	8.	Häußler-Combe	2/1	BIW
Design of Concrete Structures	V/Ü	2.	Garibaldi, Michler	2/1	ACCESS
Computational Methods for Reinforced Concrete Structures	V/Ü	2.	Häußler-Combe	2/1	ACCESS
Cable stayed bridges	V/Ü	2.	Svensson, Garibaldi	2/1	ACCESS

Lehrveranstaltungen im Sommersemester 2015

Die Einbindung der Studenten in die laufenden Forschungsprojekte stellt einen wesentlichen Aspekt der Lehre, aber auch der Forschung dar. Durch die Mitarbeit an konkreten Projekten als studentische Hilfskraft oder im Rahmen von Belegen, Projektarbeiten/Project Works, Diplom-

und Masterarbeiten lernen die Studenten sowohl Methoden der wissenschaftlichen Arbeit als auch die Vielfalt der Forschungsgebiete kennen. Zugleich bedeutet die Einbeziehung der Studenten eine nennenswerte Erhöhung des Forschungspotenzials.

Studienjahr	08/09	09/10	10/11	11/12	12/13	13/14	14/15
Bachelorarbeiten							1
Diplomarbeiten	5	5	7	9	11	19	17
Masterarbeiten	1	2		1	5	12	10

Abschlussarbeiten am Institut für Massivbau in den Studienjahren 2008/09 – 2014/15

7 Wissenschaftlicher Nachwuchs

Promotionen am Institut 2015

Andreas Bach

Stahlbetonbauteile unter kombinierten statischen und detonativen Belastungen in Experiment, Simulation und Bemessung

Anzahl der Promotionen als Erstgutachter 2010 – 2015

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Promotionen	1	5	1	3	4	1

Anzahl der Promotionen als Zweit- oder Drittgutachter 2010 – 2015

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Promotionen	1	1	1	1	1	1

8 Austausch und Zusammenarbeit

Ausdruck der Anerkennung und Wertschätzung der von den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Instituts geleisteten Arbeit ist die zunehmende Nachfrage bzgl. Mitarbeit unserer führenden Wissenschaftler in nationalen und internationalen Fachgremien.

Der Institutsdirektor und Inhaber des Lehrstuhls für Massivbau, Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. **Manfred Curbach**, ist Mitherausgeber der Schriftenreihe Konstruktiver Ingenieurbau Dresden (KID) sowie Mitglied des wissenschaftlichen Beirats der Zeitschrift Beton- und Stahlbetonbau. Außerhalb der TU Dresden fungiert Professor Curbach u. a. als Leiter der Deutschen Delegation des Internationalen Beton-Verbandes fib (federation internationale du beton) und ist Convenor der fib Task Group 1.6 History of Concrete Structures.

Professor Curbach ist Mitglied der Thüringer Programmkommission im Thüringer Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur (TMBWK), Vorsitzender des wissenschaftlichen Beirates der Bundesanstalt für Wasserbau, Mitglied im Fachgremium Konstruktiver Ingenieurbau der IHK Dresden, Mitglied des Forschungsbeirates des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton

DAfStb, Mitglied des Fachkollegiums Bauwesen und Architektur der Deutschen Forschungsgemeinschaft und seit Juni 2013 Mitglied in der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina.

Als Dienstleistung für andere Universitäten und Institute erstellte Prof. Curbach 2015 zwei Gutachten im Rahmen des Berufungsverfahrens der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden für das Lehrgebiet Massivbau.

Der Inhaber des Lehrstuhls für Spezielle Massivbauwerke, Prof. Dr.-Ing. habil. **Ulrich Häußler-Combe**, ist Auslandsbeauftragter der Fakultät Bauingenieurwesen der TU Dresden, Mitglied der Graduiertenkommission der TU Dresden und Mitglied des Promotionsausschusses der Fakultät Bauingenieurwesen. Außerhalb der Technischen Universität Dresden ist Professor Häußler-Combe Mitglied im Deutschen Ausschuss für Stahlbeton, in der German Association for Computational Mechanics, in der Deutschen Gesellschaft für Erdbebeningenieurwesen und Baudynamik. Als ausgewiesener Fachmann veröffentlichte er 2014 bei Ernst & Sohn das Fachbuch *Numerical Methods for Reinforced Concrete Structures*.

9 Tagungen und Kongresse

25. Dresdner Brückenbausymposium am 9./10.3.2015

Veranstalter: Institut für Massivbau unter Leitung von Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach in Zusammenarbeit mit dem Verein der Freunde des Bauingenieurwesens der TU Dresden e.V. und der TUDIAS GmbH
Teilnehmer: 1339

8. Symposium Experimentelle Untersuchungen von Baukonstruktionen am 24.9.2015

Veranstalter: TU Dresden, Institut für Massivbau, TUDIAS GmbH
Teilnehmer: 74

Mitgliederversammlung des Vereins C³ – Carbon Concrete Composite e.V. am 7.7.2015

Veranstalter: C³ – Carbon Concrete Composite e.V.
Teilnehmer: 120

10 Anerkennungen

Im Jahr 2015 wurden einige der hervorragenden Leistungen von Mitarbeitern des Instituts für Massivbau und von Studenten geehrt, die wir an unserem Institut betreut haben.

Kurt-Beyer-Preis

Laura Ritter

Dissertation: „Der Einfluss von Querkzug auf den Verbund zwischen Beton und Betonstahl“

Verleihende Einrichtung: HOCHTIEF Solutions AG

Deutscher Nachhaltigkeitspreis Forschung

C³ – Carbon Concrete Composite e.V.

Verleihende Einrichtung: Stiftungsverein Deutscher Nachhaltigkeitspreis

Deutscher Rohstoffeffizienz-Preis

C³ – Carbon Concrete Composite e.V.

Verleihende Einrichtung: BMWi



Stand des Instituts für Massivbau beim 25. Dresdner Brückenbausymposium

Foto: Sylke Scholz

PROMOTION



Andreas Bach

Stahlbetonbauteile unter kombinierten statischen und detonativen Belastungen in Experiment, Simulation und Bemessung

Detonationen können zu einer starken Belastung von Bauteilen führen, wodurch diese mitunter bis zum Verlust ihrer Tragfähigkeit beansprucht werden. Die mögliche Folge ist ein Einsturz des Tragwerks in Teilbereichen oder in Gänze. Zum Schutz von Personen und Sachgütern sind daher Lösungen zu entwickeln, welche eine sichere Auslegung von Tragwerken gegenüber Detonationsbelastungen ermöglichen. Als Werkstoff hierzu ist Stahlbeton geeignet, da dieser Widerstandsfähigkeit, Duktilität und eine hohe Masse mit im Bezug zu Baustahl vergleichsweise geringen Kosten vereint.

Für Detonationsbelastungen an Stahlbetonbauteilen sind zwar unterschiedliche Untersuchungen bekannt und für den Fernbereich zusätzlich Bemessungsansätze verfügbar. Jedoch sind diese auf reale Bauteile nur eingeschränkt übertragbar, da eine statische Belastung vernachlässigt wird, obwohl jedes Bauteil stets mindestens durch sein Eigengewicht und i. d. R. noch durch weitere Lasten beansprucht wird. Weiterhin werden bei der Bemessung keine oder lediglich pauschale Sicherheitsbeiwerte angesetzt, für welche die erreichte Zuverlässigkeit unbekannt ist. Dies steht im Widerspruch zur Bemessung für Regelbelastungen mit definiertem Zuverlässigkeitsniveau durch Anwendung des EC 0.

Vor diesem Hintergrund wurde in der Arbeit das Verhalten von Stahlbetonbauteilen unter kombinierten statischen und detonativen Belastungen numerisch und experimentell untersucht. Es wurden Versuchsstände und Simulationswerkzeuge entwickelt, die erstmalig sowohl für Stahlbetonplatten im Fern- als auch Stahlbetonstützen im Nahbereich eine Kombination aus statischer und detonativer Belastung berücksichtigen.

Für den Nahbereich ergab sich erwartungsgemäß eine starke Reduktion der Tragfähigkeit infolge lokaler Schädigung um bis zu 80 %. Die numeri-

sche Abbildung der Versuche erforderte wesentliche Anpassungen am verwendeten RHT-Modell, z. B. durch eine bruchenergiebasierte Beschreibung des Rissverhaltens sowie eine verbesserte Beschreibung der mehraxialen Festigkeit. Anschließend konnten sowohl Resttragfähigkeit als auch Schädigung in guter Näherung abgebildet werden. Hydrocodes erwiesen sich also auch für statische Problemstellungen als geeignet.

Die Plattentests im Fernbereich bei kombinierter lateraler und axialer Belastung ergaben einen deutlichen Einfluss der statischen Belastung auf das dynamische Bauteilverhalten. Es wurden Duktilität und Widerstand beeinflusst, was beweist, dass nur die Berücksichtigung der statischen Belastung eine realistische Bewertung des Bauteilverhaltens erlaubt. Die Testergebnisse wurden durch ein neu entwickeltes Simulationsmodell, welches die Festigkeitssteigerung der Werkstoffe berücksichtigt, bestätigt.

Hinsichtlich der Zuverlässigkeit im Fernbereich wurden Zuverlässigkeitsanalysen durchgeführt. Die Analyse bestehender Sicherheitskonzepte (UFC-3-340-02 und in der Praxis gängige Auslegungsprinzipien) ergab eine unzureichende Zuverlässigkeit im Vergleich zum EC 0. Bei der Stahlbetonbemessung für Detonationen im Fernbereich wird daher die Verwendung der außergewöhnlichen Bemessungssituation in Verbindung mit einem zusätzlichen Sicherheitsbeiwert g_e auf der Einwirkungsseite von 1,2 empfohlen.

Bemessungsbeispiele (Stahlbetonplatte im Fernbereich, Stahlbetonstütze im Nahbereich) unter kombinierter statischer und detonativer Belastung runden die Arbeit ab. Sie sollen sowohl der Praxis als auch für zukünftige Untersuchungen als Beispiel dienen und eine kohärente Betrachtung von statischen und detonativen Belastungen ermöglichen.



PUBLIKATIONEN 2015

Monografien

- Curbach, M.; Häußler-Combe, U. (Hrsg.): Jahresbericht 2014 des Instituts für Massivbau der TU Dresden. Dresden: Institut für Massivbau der TU Dresden, 2015, 152 S.
- Curbach, M. (Hrsg.): Tagungsband zum 25. Dresdner Brückenbausymposium, 9./10.3.2015 in Dresden, Dresden: Institut für Massivbau der TU Dresden, 2015, 288 S. – ISBN 987-3-86780-421-9
- Curbach, M.; Opitz, H.; Scheerer, S.; Hampel, T. (Hrsg.): Tagungsband zum 8. Symposium Experimentelle Untersuchungen von Baukonstruktionen, 24.9.2015 in Dresden, veröffentlicht in: Curbach, M. et al. (Hrsg.): Schriftenreihe Konstruktiver Ingenieurbau Dresden kid, Heft 40, Dresden: Institut für Massivbau der TU Dresden, 2015, 196 S.
- Curbach, M.: Sieben Brücken – Brücken for Europe. Marginalien, Bd. 1, Dresden: Institut für Massivbau der TU Dresden, 2015, 44 S.
- Mehlhorn, G.; Curbach, M. (Hrsg.): Handbuch Brücken. 3. überarb. u. erw. Aufl., Wiesbaden: Springer Vieweg, 2014 (erschienen 3/2015), 1388 S.
- Lorenz, E.: Endverankerung und Übergreifung textiler Bewehrungen in Betonmatrices. Dissertation, Institut für Massivbau der TU Dresden, 2014, veröffentlicht unter: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-170583> (06/2015) und in: Curbach, M. et al. (Hrsg.): Schriftenreihe Konstruktiver Ingenieurbau Dresden kid, Heft 39, Dresden: Institut für Massivbau der TU Dresden, 2015, 301 S. – ISSN 1613-6934

Wilhelm, T.: Wasserstoffinduzierte Spannungsrissskorrosion. Dissertation, Institut für Massivbau der TU Dresden, 2014, veröffentlicht unter: <http://dnb.info/1071785656/34> und in: Curbach, M. et al. (Hrsg.): Schriftenreihe Konstruktiver Ingenieurbau Dresden kid, Heft 41, Dresden: Institut für Massivbau der TU Dresden, 2015, 271 S. – ISSN 1613-6934

Ausgewählte Forschungsberichte

- Cherif, C.; Curbach, M.; Hülsmeier, F.; Seidel, A.; Hund, R.-D.; Walther, T.; Knechtges, S.: Raumabschließende Bauelemente aus Textilbeton unter Temperaturbeanspruchungen. Gemeinsamer Abschlussbericht zum IGF-Vorhaben 449 ZBR der Forschungsvereinigung Forschungskuratorium Textil e.V. (federführend) und Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V. (kooperierend), gefördert durch das BMWi, PT: AiF, ITM und Institut für Massivbau der TU Dresden und Architektur-Institut der HTWK Leipzig, 10/2015, 160 S.
- Curbach, M.; Schladitz, F.; Holz, K.: Klimaneutrale Strahlungsheizung aus Textilbeton – Entwicklung von tragenden Textilbetonbauteilen mit adaptiven Heizstrukturen aus Kohlenstofffasern für klimaneutralen Gebäudeenergiekonzepte. Abschlussbericht zum Vorhaben VP2505605HF2 des Teilprojektes IMB, gefördert durch das BMWi, PT: AiF, Institut für Massivbau der TU Dresden, 11/2015, 10 S.
- Ebschner, K.; Schmidt, U.; Gaitzsch, I.; Eisewicht, G.; Curbach, M.; Walther, T.; Schladitz, F.: Material- und Verfahrensentwicklung für nachhaltige Instandsetzungs- und Sanierungsmaßnahmen

- von Abwasserbauwerken unter Verwendung von textilbewehrten Betonen. Gemeinsamer Abschlussbericht zum KF Kooperationsprojekt KF3100101K12 und KF2505609K12, gefördert durch das BMWi, PT: AiF, Institut für Massivbau der TU Dresden und KanalService Dresden GmbH, 06/2015, 99 S.
- Medack, M.; Nawka, M.; Curbach, M.; Schladitz, F.; Sauerborn, F.: Bemessungs- und Konstruktionsempfehlungen für statisch wirksame Einbauteile in Textilbetonfertigteilen. Gemeinsamer Abschlussbericht zum KF Kooperationsprojekt KF2505610HF3 und KF2655502HF3, gefördert durch das BMWi, PT: AiF, Institut für Massivbau der TU Dresden und AIB GmbH Bautzen, 10/2015, 87 S.
- Beiträge in Zeitschriften oder Monografien**
- Beckmann, B.; Frenzel, M.; Lorenz, E.; Schladitz, F.; Rempel, S.: Biegetragverhalten von textilbetonverstärkten Platten. Beton- und Stahlbetonbau Spezial 2015 – Verstärken mit Textilbeton, Jan., S. 47–53 – DOI: 10.1002/best.201400117
- Curbach, M.; Michler, H.; Scheerer, S.: Freivorbau und Taktschieben. In: Mehlhorn, G.; Curbach, M. (Hrsg.): Handbuch Brücken. 3. überarb. u. erw. Aufl., Wiesbaden: Springer Vieweg, 2014 (erschienen 3/2015), S. 992–1016
- Curbach, M.; Offermann, P.; Assmann, U.: Verstärken mit Textilbeton. Beton- und Stahlbetonbau Spezial 2015 – Verstärken mit Textilbeton, Jan., S. 2 – DOI: 10.1002/best.201590010
- Curbach, M.: Vom Stahlbeton zum Carbonbeton – ein Paradigmenwechsel. TUDALIT-Magazin 13 (2015), S. 32 (und Vortrag zur 7. Anwendertagung Textilbeton, 22./23.09.2015 in Dresden)
- Curbach, M.: „Wenn alles bleiben soll, wie es ist, muss sich alles ändern“. Bauingenieur 90 (2015) 6, S. A3
- Erhard, E.; Weiland, S.; Lorenz, E.; Schladitz, F.; Beckmann, B.; Curbach, M.: Anwendungsbeispiele für Textilbetonverstärkung; Instandsetzung und Verstärkung bestehender Tragwerke mit Textilbeton. Beton- und Stahlbetonbau Spezial 2015 – Verstärken mit Textilbeton, Jan., S. 74–82 – DOI: 10.1002/best.201400124
- Frenzel, M.: Balkonplatte aus Textilbeton: Leicht und materialeffizient. TUDALIT-Magazin 13 (2015), S. 13 (und Vortrag zur 7. Anwendertagung Textilbeton, 22./23.09.2015 in Dresden)
- Frenzel, M.: Bemessung textilbetonverstärkter Stahlbetonbauteile unter Biegebeanspruchung. Beton- und Stahlbetonbau Spezial 2015 – Verstärken mit Textilbeton, Jan., S. 54–68 – DOI: 10.1002/best.201400115
- Häußler-Combe, U.; Jesse, F.; Weselek, J.: Konzeption von Teilsicherheitsfaktoren für Verstärkungen von Biegequerschnitten mittels Carbonbeton. Beton- und Stahlbetonbau 110 (2015) 11, S. 747–758 – DOI: 10.1002/best.201500042
- Just, M.: Sicherheitskonzept für Textilbeton; Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwerts für die Zugfestigkeit. Beton- und Stahlbetonbau Spezial 2015 – Verstärken mit Textilbeton, Jan., S. 42–46 – DOI: 10.1002/best.201400109
- Lieboldt, M.: Feinbetonmatrix für Textilbeton; Anforderungen – baupraktische Adaption – Eigenschaften. Beton- und Stahlbetonbau Spezial 2015 – Verstärken mit Textilbeton, Jan., S. 22–28 – DOI: 10.1002/best.201400100
- Lorenz, E.; Schütze, E.; Weiland, S.: Textilbeton – Eigenschaften des Verbundwerkstoffs. Beton- und Stahlbetonbau Spezial 2015 – Verstärken mit Textilbeton, Jan., S. 29–41 – DOI: 10.1002/best.201400114
- Reute, A.: Bahn frei für C³ – Das größte Bauforschungsprojekt Deutschlands kommt auf Touren. TUDALIT-Magazin 13 (2015), S. 34
- Ritter, R.; Curbach, M.: Material Behavior of Ultra-High-Strength Concrete under Multiaxial Stress States. ACI Materials Journal 112 (2015) 5, pp. 641–651
- Sauerborn, T.; Hampel, T.: Das Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungssystem bei Verstärkungen mit Textilbeton. Beton- und Stahlbetonbau Spezial 2015 – Verstärken mit Textilbeton, Jan., S. 101–105 – DOI: 10.1002/best.201400098
- Scheerer, S.; Michler, H.; Curbach, M.: Brücken aus Textilbeton. In: Mehlhorn, G.; Curbach, M. (Hrsg.): Handbuch Brücken. 3. überarb. u. erw. Aufl., Wiesbaden: Springer Vieweg, 2014 (erschienen 3/2015), S. 120–125
- Scheerer, S.; Michler, H.: Freie Formen mit Textilbeton. Beton- und Stahlbetonbau Spezial 2015 – Verstärken mit Textilbeton, Jan., S. 94–100 – DOI: 10.1002/best.201400113
- Scheerer, S.: Was ist Textilbeton? Eine kurze Einführung in das Thema. Beton- und Stahlbetonbau Spezial 2015 – Verstärken mit Textilbeton, Jan., S. 4–7 – DOI: 10.1002/best.201400104
- Schladitz, F.; Michler, H.: Beton wird filigran und leichter – Textilbewehrter Beton als Problemlöser in der Sanierung. B+B BAUEN IM BESTAND 38 (2015) 6, S. 39–43
- Schladitz, F.; Reute, A.: C³ – Carbon Concrete Composite: Eine neue Art des Bauens für die globalen Herausforderungen der Zukunft. Technik in Bayern (2015) 5, S. 20–21
- Schütze, E.: Bedeutung standardisierter Prüfverfahren für Carbonbeton. TUDALIT-Magazin 13 (2015), S. 30 (und Vortrag zur 7. Anwendertagung Textilbeton, 22./23.09.2015 in Dresden)
- Tietze, M.; Kahnt, A.; Schladitz, F.: Marktpotential von Carbonbeton – Prognosen zur Substitution von Stahl durch Carbon. TUDALIT-Magazin 13 (2015), S. 27 (und Vortrag zur 7. Anwendertagung Textilbeton, 22./23.09.2015 in Dresden)
- Walther, T.; Weiland, S.: Baustellenverfahren für Verstärkungen mit Textilbeton. Beton- und Stahlbetonbau Spezial 2015 – Verstärken mit Textilbeton, Jan., S. 69–72 – DOI: 10.1002/best.201400099
- Weselek, J.: Mit Sicherheit wirtschaftlich! TUDALIT-Magazin 13 (2015), S. 29 (und Vortrag zur 7.

Anwendertagung Textilbeton, 22./23.09.2015 in Dresden)

Wilhelm, T.; Scheerer, S.; Hampel, T.; Bauer, T.; Müller, M.: Materialuntersuchungen an Hennigsdorfer Spannstahl aus Brückenbauwerken. Bautechnik 92 (2015) 2, S. 93–104

Beiträge in Tagungsbänden und Vorträge

- Beckmann, B.; Schicktanz, K.; Curbach, M.: Simulation of concrete fracture under different loading rates. In: Stang, H.; Braestrup, M. (Eds.): Concrete – Innovation and Design, Proceedings of the Int. fib-Symposium 2015, 18.–20.5.2015 in Copenhagen (Denmark), 2015, pp. 418–419 (abstract; full paper on CD: 8 pp.)
- Curbach, M.; Hensel, F.; Hänseroth, T.; Scheerer, S.; Steinbock, O.: Genius and Nazi? Willy Gehler (1876–1953) – a German Civil Engineer and Professor between Technical Excellence and Political Entanglements in the 20th Century. In: Bowen, B.; Friedman, D.; Leslie, T.; Ochsendorf, J. (Eds.): Proceedings of 5th International Congress on Construction History ICCH5, 3.–7.6.2015 in Chicago (USA), 1 p. (abstract; full paper on USB stick: pp. 549–568.)
- Curbach, M.: Innovation Massivbrückenbau – Faszination der Vielfalt. Vortrag gehalten beim Studium Generale, 23.11.15 an der TU Dresden
- Curbach, M.: Laudatio anlässlich der Verleihung der Wolfgang-Zerna-Medaille an Herrn Wilfried Clauß. 25.9.2015 in Trier
- Curbach, M.: Nachhaltige Entwicklung des Textilbetons an der TU Dresden. Vortrag gehalten beim 90jährigen Institutjubiläum des Instituts für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik (ITM), 2.9.2015 an der TU Dresden
- Curbach, M.: Rissbreiten. Vortrag gehalten beim DIBt, 18.4.2015 in Berlin
- Curbach, M.: Überall Brücken – von der Vielgestaltigkeit eins Gedankens. In: Curbach, M. (Hrsg.): Tagungsband zum 25. Dresdner Brückenbausymposium, 9./10.3.2015 in Dresden, Dresden: Institut für Massivbau der TU Dresden, 2015, S. 15–30 – ISBN 987-3-86780-421-9
- Curbach, M.: Verantwortung als Bauingenieur. Vortrag gehalten bei der Sächsischen Akademie der Wissenschaften, Technikwissenschaftliche Klasse, 11.12.2015 in Leipzig
- Curbach, M.; Walther, T.: Innovative spacers – Textile-reinforced concrete | Innovative Abstandhalter – Textilbeton. BFT International 81 (2015) 2, S. 150–151 [Proceedings der 59. Betontage und Vortrag, 24.–26.2.2015 in Neu-Ulm]
- Curbach, M.; Wellner, S.: Chronik des Brückenbaus. In: Curbach, M.: (Hrsg.): Tagungsband zum 25. Dresdner Brückenbausymposium, 9./10.3.2015 in Dresden, Dresden: Institut für Massivbau der TU Dresden, 2015, S. 265–284 – ISBN 987-3-86780-421-9
- Frenzel, M.; Eger, T.; Curbach, M.: Numerical investigation of two-way layered lightweight concrete slabs. In: KIVI (Hrsg.): Future Visions, Proce-

dings of the International Association for Shell and Spatial Structures (IASS) Symposium 2015, 17.–20.8.2015 in Amsterdam (Netherlands), paper no. IASS2015-521562, 12 pp., ISBN (Electronic): 978-90-5363-042-6, 08/2015 (published on USB stick)

- Häussler-Combe, U.; Panteki, E.; Kühn, T.: Strain rate effects for spallation of concrete. In: Cadoni, E. (Ed.): Proceedings of DYMAT 2015 – 11th International Conference on the Mechanical and Physical Behaviour of Materials under Dynamic Loading, 7.–11.9.2015 in Lugano (Schweiz), papers published digitally by EDP Sciences, S. 04006-p.1–04006-p.6 – DOI: 10.1051/epj-conf/20159404006
- Kühn, T.; Curbach, M.: Behavior of RC-slabs under impact-loading. In: Cadoni, E. (Ed.): Proceedings of DYMAT 2015 – 11th International Conference on the Mechanical and Physical Behaviour of Materials under Dynamic Loading, 7.–11.9.2015 in Lugano (Schweiz), papers published digitally by EDP Sciences, S. 01062-p.1–01062-p.6 – DOI: 0.1051/epjconf/20159401062
- Kühn, T.: Messtechnische Überlegungen bei Fallversuchen. In: Curbach, M.; Opitz, H.; Scheerer, S.; Hampel, T. (Hrsg.): Tagungsband zum 8. Symposium Experimentelle Untersuchungen von Baukonstruktionen, 24.9.2015 in Dresden, veröffentlicht in: Curbach, M. et al. (Hrsg.): Schriftenreihe Konstruktiver Ingenieurbau Dresden kid, Heft 40, Dresden: Institut für Massivbau der TU Dresden, 2015, S. 31–46
- Lieboldt, M.: Textilbeton/Carbonbeton – Grundlagen und Anwendungen. Vortrag auf der Innungsverammlung der Bauinnung Chemnitzer Land / Zwickau, 20.10.2015 in Glauchau
- Quast, M.; Curbach, M.: Material behaviour of concrete under biaxial dynamic loading. In: Kodur, V. K. R.; Banthia, N. (Eds.): Proceedings of Protect 2015, 7.–11.9.2015 at Michigan State University in East Lansing (USA), Lancaster (Pennsylvania): DEStech Publications, Inc., 2015, pp. 3–11
- Reischl, D. S.; Curbach, M.: Virtual concrete specimens: Discrete element simulations of the quasi-static and dynamic material behavior and failure mechanisms of concrete and mortar. In: Oñate, E.; Bischoff, M.; Owen, D. R. J.; Wriggers, P.; Zohdi, T. (Eds.): Proceedings of 4th Conference on Particle-Based Methods – PARTICLES 2015, 28.–30.9.2015 in Barcelona (Spain), Barcelona: CIMNE, 2015, pp. 367–378 – ISBN: 978-84-944244-7-2
- Scheerer, S.; Schladitz, F.; Curbach, M.: Textile reinforced Concrete – from the idea to a high performance material. In: Brameshuber, W. (Ed.): Proceedings of the FERRO-11 and 3rd ICTRC (PRO 98), 7.–10.6.2015 in Aachen, Bagneux: S.A.R.L.Rilem Publications, 2015, pp. 15–33
- Scheerer, S.; Wellner, S.; Hampel, T.; Eckoldt, B.: Tragfähigkeitsuntersuchungen an historischen Fahnenmasten. In: Curbach, M.; Opitz, H.; Scheerer, S.; Hampel, T. (Hrsg.): Tagungsband zum 8. Symposium Experimentelle Untersuchungen

- von Baukonstruktionen, 24.9.2015 in Dresden, veröffentlicht in: Curbach, M. et al. (Hrsg.): Schriftenreihe Konstruktiver Ingenieurbau Dresden kid, Heft 40, Dresden: Institut für Massivbau der TU Dresden, 2015, S. 93–101
- Schladitz, F.: C³ – Carbon Concrete Composite – Eine Revolution für den konstruktiven Betonfertigteiltteilbau? Vortrag zur Mitgliederversammlung des Fachvereinigungen Deutschen Betonfertigteiltteilbau e.V., 25.9.2015 in Hannover
- Schladitz, F.: Carbonbeton – Bauen neu Denken. Vortrag zur Fachtagung Carbon Composites, 2.12.2015 in Augsburg
- Schladitz, F.: Carbon Concrete Composite – Kommunen voran bringen – Preisgekrönte Forschung für die Stadt der Zukunft. Vortrag zum 8. Deutschen Nachhaltigkeitstag, 26./27.11.2015 in Düsseldorf
- Schladitz, F.: Carbon im Bauwesen. Vortrag zur Fachtagung Carbon Composites, 2.12.2015 in Augsburg
- Schladitz, F.: TUDALIT – Textilbeton auf dem Weg in die Praxis – Bauen mit Carbon. Vortrag zur Beton-Insta 2015, 1./2.10.2015 in Kiel
- Schmidt, A.; Curbach, M.: Buckling failure of columns – with form variations to higher load capacities. In: KIVI (Hrsg.): Future Visions, Proceedings of the International Association for Shell and Spatial Structures (IASS) Symposium 2015, 17.–20.8.2015 in Amsterdam (Netherlands), paper no. IASS2015-501715, 12 pp. – ISBN (electronic): 978-90-5363-042-6, 08/2015 (published on USB stick).
- Schütze, E.; Lorenz, E.; Curbach, M.: Static and Dynamic Fatigue Strength of Textile Reinforced Concrete. In: IABSE (Ed.): Elegance in Structures, Proceedings of IABSE Conference Nara 2015, 13.–15.5.2015 in Nara (Japan), printed in Japan, 2015, pp. 332–333 (abstract; full paper on CD: 8 pp.) – ISBN 978-3-85748-138-3
- Schütze, E.; Lorenz, E.; Curbach, M.: Test methods for Textile Reinforced Concrete. In: Brameshuber, W. (Ed.): Proceedings of the FERRO-11 and 3rd ICTRC (PRO 98), 7.–10.6.2015 in Aachen, Bagnoux: S.A.R.L.Rilem Publications, 2015, pp. 307–318
- Schütze, E.: Verstärken von Stahlbeton mit TUDALIT® (textilbewehrter Beton). Vortrag zur Fachtagung Carbon Composites, 1./2.12.2015 in Augsburg
- Senckpiel, T.; Häussler-Combe, U.: Model development and comparisons for light shell structures in textile reinforced concrete. In: Ferreira, A. J. M.; Viola, E.; Tornabene, F. (Eds.): Proceedings of International Conference on Shells, Plates and Beams 2015, 9.–11.9.2015 in Bologna, Bologna: University of Bologna, 2015, p. 31 (abstract)
- Tietze, M.; Kahnt, A.; Schladitz, F.; Scheerer, S.; Curbach, M.: C³ – Carbon reinforced concrete construction of the future. In: Stang, H.; Braestrup, M.: (Eds.): Concrete – Innovation and Design, Proceedings of the Int. fib-Symposium 2015, 18.–20.5.2015 in Copenhagen (Denmark), 2015, p. 479 (abstract; full paper on CD: 9 pp.)
- Tietze, M.: Textile reinforced buildings and infrastructures – the future of construction. Presentation on the 10th European Textile Technology Platform Conference, 25./26.5.2015 in Brüssel (Belgien)
- Walther, T.; Curbach, M.: Textile reinforced concrete for sewer rehabilitation. In: Brameshuber, W. (Ed.): Proceedings of the FERRO-11 and 3rd ICTRC (PRO 98), 7.–10.6.2015 in Aachen, Bagnoux: S.A.R.L.Rilem Publications, 2015, pp. 277–285
- Zobel, R.; Curbach, M.: Bond modelling of reinforcing steel under transverse tension. In: Stang, H.; Braestrup, M.: (Eds.): Concrete – Innovation and Design, Proceedings of the Int. fib-Symposium 2015, 18.–20.5.2015 in Copenhagen (Denmark), 2015, pp. 426–427 (abstract; full paper on CD: 11 pp.)
- Zobel, R.; Wilhelm, S.: Brückenbauexkursion 2014 – Spurensuche in Deutschland. In: Curbach, M.: (Hrsg.): Tagungsband zum 25. Dresdner Brückenbausymposium, 9./10.3.2015 in Dresden, Dresden: Institut für Massivbau der TU Dresden, 2015, S. 253–262 – ISBN 987-3-86780-421-9

MITARBEITER

Stand: 31.12.2015

Institut für Massivbau

Professur für Massivbau

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

Prof. Dr. rer. nat. Klaus Thoma

Honorarprofessor, Fachgebiet Kurzzeitdynamik

Geschäftsführende Oberingenieurin

Dr.-Ing. Silke Scheerer

Oberingenieur Projektmanagement

Dipl.-Krist. Wolfgang Leiberg

Organisation Lehre

Dr.-Ing. Kerstin Speck

Controlling / Sekretariat

Silvia Haubold (Controlling)

Sabine Hofmann (Sekretariat, SPP 1542)

Dajana Musiol (C³)

Jana Strauch (C³)

Professur für Spezielle Massivbauwerke

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ulrich Häußler-Combe

Sekretariat

Angela Heller

Wissenschaftliche MitarbeiterInnen

Forschungsgruppe 1: Verbund / Leicht Bauen

Dipl.-Ing. Sebastian Wilhelm

Dipl.-Ing. Michael Frenzel

Dr.-Ing. Maria Patricia Garibaldi

Dipl.-Ing. Angela Schmidt

Dipl.-Ing. Nico Schmidt

Dipl.-Ing. Oliver Steinbock

Dipl.-Ing. Robert Zobel

Forschungsgruppe 2: UHPC / DEM / Impakt

Dr.-Ing. Kerstin Speck

Dr.-Ing. Birgit Beckmann

Dipl.-Ing. Jakob Bochmann

Dipl.-Ing. Marcus Hering

Tino Kühn M.Sc.

M.Eng. Petr Máca

Dipl.-Ing. Evmorfia Panteki

Dipl.-Ing. Matthias Quast

Dipl.-Math. Dirk Reischl

Forschungsgruppe 3: Textilbeton

Dr.-Ing. Harald Michler

Mateusz Ewertowski M.Sc.

Dipl.-Ing. Karoline Holz

Dipl.-Ing. Daniel Karl

Dipl.-Ing. Egbert Müller

Dipl.-Ing. (FH) Frank Neumann

Dr.-Ing. Thoralf Schober

Dipl.-Ing. Alexander Schumann

Dipl.-Ing. Elisabeth Schütze

Dipl.-Ing. Tilo Senckpiel

Dipl.-Ing. Juliane Wagner

Dipl.-Ing. Tobias Walther

Dipl.-Ing. Jörg Weselek

Forschungsgruppe 4: Carbonbeton

Dr.-Ing. Frank Schladitz

Sandra Kranich M.A.

Dr.-Ing. Matthias Lieboldt

Dipl.-Sprachmittlerin Angela Reute

Dipl.-Ing. Dominik Schlüter

Daan Peer Schneider M.A.

Dipl.-Wirtsch.-Ing. (FH) Matthias Tietze

Technische Mitarbeiter / Öffentlichkeitsarbeit

Ulrich van Stipriaan M.A.

Martin Weller

Matthias Zagermann

Beurlaubt

Dr.-Ing. Frank Jesse

Otto-Mohr-Laboratorium

Leiter

Dr.-Ing. Torsten Hampel

Stellvertreterin

Dipl.-Ing. Kathrin Dietz

Sekretariat

Petra Kahle

Wissenschaftliche MitarbeiterInnen

Dipl.-Ing. (FH) Sabine Wellner

Dipl.-Ing. Robert Schneider

Technische MitarbeiterInnen

Rainer Belger

Heiko Günther

Thomas Häntzschel

Jens Hohensee

Tino Jänke

Michael Liebe

Maik Patricny

Annett Pöhland

Mario Polke-Schminke

Doreen Sonntag

Andreas Thieme

Heiko Wachtel

Bernd Wehner

Dank an unsere Förderer

Deutsche
Forschungsgemeinschaft



Gesellschaft für Anlagen-
und Reaktorsicherheit
(GRS) mbH



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

STAATSBETRIEB IMMOBILIEN-
UND BAUMANAGEMENT
SIB



Freistaat
SACHSEN



Landesamt für Straßenbau und Verkehr
Mecklenburg-Vorpommern



HELMHOLTZ
| GEMEINSCHAFT





Schmackhafte Lektüre

(siehe auch Seite 122)

Foto: Ulrich van Stipriaan



»Wissen schafft Brücken.«