



**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**

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

Institut für Massivbau

**JAHRESBERICHT 2014
ANNUAL REPORT 2014**



**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**

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

JAHRESBERICHT 2014

ANNUAL REPORT 2014

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

Birgit Beckmann, Manfred Curbach, Jan Ebert, Joachim Finzel, Michael Frenzel, Torsten Hampel, Ulrich Häußler-Combe, Martin Just, Tino Kühn, Wolfgang Leiberg, Enrico Lorenz, Harald Michler, Egbert Müller, Evmorfia Panteki, Matthias Quast, Dirk Reischl, Angela Reute, Tom Sauerborn, Silke Scheerer, Dominik Schlüter, Angela Schmidt, Nico Schmidt, Thoralf Schober, Elisabeth Schütze, Tino Senckpiel, Kerstin Speck, 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

Gestaltung

Ulrich van Stipriaan

Druck

addprint AG · Am Spitzberg 8a · 01728 Bannewitz

Inhalt

Verantwortung übernehmen	5
Forschung Research	6
Textilbeton zur Kanalsanierung	8
Verbindungen schaffen	10
Geprüft und zugelassen – Textilbeton auf dem Weg zur breiten Anwendung	12
Autartec – Wohnen auf dem Wasser	14
Gießende Herstellung von Textilbeton	16
Textilbetonplatten unter sehr hohen Temperaturen	18
Clever heizen mit smarttex	20
Roboter im Bauwerksmonitoring	22
Simulation von Beton unter hohen Dehnraten	24
Stahlbetonplatten unter stoßartiger Belastung	26
Wann ist Beton wirklich kaputt?	28
DEM 2D – Bruchphänomene im Beton	30
Beton unter Strom	32
Verbund zwischen Beton und Bewehrungsstahl unter dynamischer Belastung	34
Diskrete-Elemente-Simulationen: (Dis-)Kontinuum inbegriffen	36
ROBEX – Zwei Welten begegnen sich	38
Wissen Sie was Knicken ist?	40
Leichte und effiziente Decken	42
Das SPP 1542 geht in die zweite Runde	44
Einblicke ins Innere	46
Straßenbrücken am Limit	48
Basaltfasern für temperaturbeständigen Textilbeton	50
Deckenelemente aus Textilbeton	52
Textilbeton-Sandwichplatten unter Stoßbelastung	54
Softwaremodul Textilbeton – Bemessung leicht gemacht!	56
Das C³-Projekt.....	59
C ³ – ein Projekt, ein neuer Baustoff, eine neue Art des Bauens	60
Mit Carbonbeton die Zukunft gestalten	70
Lehre	73
Lehrveranstaltungen des Instituts für Massivbau	74
Projektarbeiten <i>Project Works</i>	80
Wintersemester 13/14 <i>Winter Term 13/14</i>	80
Diplomarbeiten, Masterarbeiten, Bachelorarbeiten im Jahr 2014	89
Wissen schafft mehr...	106
Mit Carbon gegen marode Brücken	107
Dynamik: Elf Meter hoher Fallturm im OML	108
Treff der Brückenbauer	109
Faltwerke wörtlich genommen	109
Beyer-Preis für Angela Schmidt	110
Prof. Curbach erhielt Leopoldina-Urkunde	110
GreenTec-Award für Carbonbeton	111
Der Geschichte auf den Grund gehen	111
TUDALIT®-Textilbeton zur Anwendung freigegeben	112
Ein Abend der Sieger	113
Spurensuche in Deutschland	114
Sanierung und Verstärkung von Betonbauteilen.....	115

Computational Methods for Reinforced Concrete Structures 116
 In sieben Stunden von Dresden nach Amerika und zurück – Projekttag 2014 117
Otto-Mohr-Laboratorium 119
 Arbeitsgebiete und Ausstattung 120
 Ein Schutzdach für die Straßenbahn..... 126
 Bretter, die die Welt bedeuten... 127
 Vorhang auf? – Leider vorerst nicht 128
 Auf Biegen und Brechen..... 129
Institut 131
 Das Institut für Massivbau in Zahlen und Fakten 132
 Promotionen 142
 Publikationen 2014 146
 Mitarbeiter..... 150
 Dank an unsere Förderer 151
 Und sonst so..... 152



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

Verantwortung übernehmen

Das Bauwesen gehört zu den material- und energieintensivsten Branchen überhaupt. Dazu kommt ein großer Anteil am weltweiten Kohlendioxid ausstoß, u. a. aus der Zementherstellung für den Stahlbeton- und Spannbetonbau. Gleichzeitig ist unsere gebaute Umwelt ein wichtiger Garant für unsere Lebensqualität. Ein großer Anteil der Arbeit in Forschung und Lehre an unserem Institut für Massivbau betrifft das Bewusstmachen dieser Zusammenhänge, das Aufzeigen unserer Verantwortung für die Umwelt und das Durchführen von Forschungsvorhaben zur Reduktion der Umweltbelastung und Erhöhung der Sicherheit.

Insbesondere die Arbeiten im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms 1542 „Leicht Bauen mit Beton“ und des BMBF-Großprojektes „C³-Carbonbeton“ leisten einen wichtigen Beitrag zum material- und energieeffizienten Bauen sowie zur Schaffung von ästhetisch anspruchsvollen Konstruktionen.

Natürlich ist klar – das können wir nicht allein schaffen, weshalb an den genannten Großprojekten, aber auch bei vielen kleineren, zahlreiche Partner aus ganz Deutschland beteiligt sind.

Die Vorhaben zur Impaktforschung tragen zu einem tieferen Verständnis der Vorgänge in Beton bei hohen Beanspruchungsgeschwindigkeiten und folglich zu einer Erhöhung der Sicherheit unserer baulichen Strukturen beim Auftreten von natürlichen und anthropogenen Extremlasten bei.

In der Lehre werden nicht nur die Grundlagen des Stahlbeton- und Spannbetonbaus unterrichtet, sondern auch Grundsätze des Entwurfs vermittelt, wobei auf die Verantwortung der Bauingenieure in unserer Gesellschaft, ihr Selbstverständnis und auf gesamtwirtschaftliche Zusammenhänge Wert gelegt wird.

Wir danken – auch im Namen unserer engagierten Mitarbeiter und Kollegen – Ihnen, liebe Leser, unseren Projektpartnern und insbesondere den Fördermittelgebern, die uns nun schon seit vielen Jahren ihr Vertrauen schenken.

Eine informative und unterhaltsame Lektüre wünschen

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



FORSCHUNG



RESEARCH

Textilbeton zur Kanalsanierung

Eine Umfrage der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) 2009 zeigte, dass 32 % unserer gesamten Kanalisation älter als 50 Jahre sind. Mit steigendem Bauwerksalter steigt auch die Anfälligkeit für Schäden. Diese müssen beseitigt werden, damit die Funktion von Abwasserbauwerken gewährleistet bleibt. Mit den bisherigen Sanierungsmethoden können leider nicht alle Schadensfälle sachgerecht und effizient behoben werden. Der Einsatz von Textilbeton (TRC) kann eine sinnvolle Ergänzung der bestehenden Sanierungsverfahren sein. Die Vorteile des Textilbetons, zum Beispiel die gute Anpassbarkeit an geschwungene Formen, das feine Rissbild auch bei hohen Belastungen und die hohe Betongüte sollen gewinnbringend bei der Kanalsanierung eingesetzt werden. Jedoch existierten bis jetzt keinerlei Erfahrungen mit dem Umgang und dem Verhalten von TRC in Abwasserbauwerken.

Um dieses Verhalten in einem Kanalbauwerk erforschen zu können, konnte in einer Haltung der Stadtentwässerung Dresden der Scheitelbereich mit Textilbeton in Stand gesetzt werden. Die Arbeiten waren nötig geworden, da im Scheitelbereich des betreffenden Kanals der Beton angegriffen und die Bewehrung teilweise stark korrodiert war. Vor Beginn der Sanierungs-

arbeiten wurden der Untergrund gesäubert, die Korrosionsprodukte entfernt, der Bestandsbeton realkalisiert und reprofiliert und ggf. zusätzlich durch Hochdruckwasserstrahlen aufgeraut. Danach konnte die TRC-Schicht aufgebracht werden. Die Herausforderung dabei bestand vor allem darin, das Material in einem verarbeitungsfähigen Zustand vom Schachteingang zur Verarbeitungsstelle zu befördern und es dann dort trotz sehr beengter Platzverhältnisse sorgsam zu verarbeiten. Die Arbeiten konnten nach ca. 14 Tagen Bauzeit erfolgreich abgeschlossen werden. In einem weiteren Pilotprojekt wird TRC aktuell zur Sanierung einer Beckenkronen einer Kläranlage erprobt. Die angelegten Testflächen sollen im Frühjahr begutachtet werden und Aufschluss darüber geben, ob Textilbeton auch in diesem Fall geeignet ist.

Projektbegleitend wurden TRC-Proben unter ähnlichen Bedingungen untersucht, wie sie in einem Kanal vorherrschen. Bei Zugversuchen an textilbewehrten Dehnkörpern wurden um bis zu 22 % geringere Festigkeiten im Vergleich zu Standardbedingungen ermittelt, wenn die Proben zuvor einem aggressiven Sulfatangriff ausgesetzt waren. Für die beabsichtigte Anwendung ist eine Festigkeitsverringering in dieser Größenordnung unbedenklich.



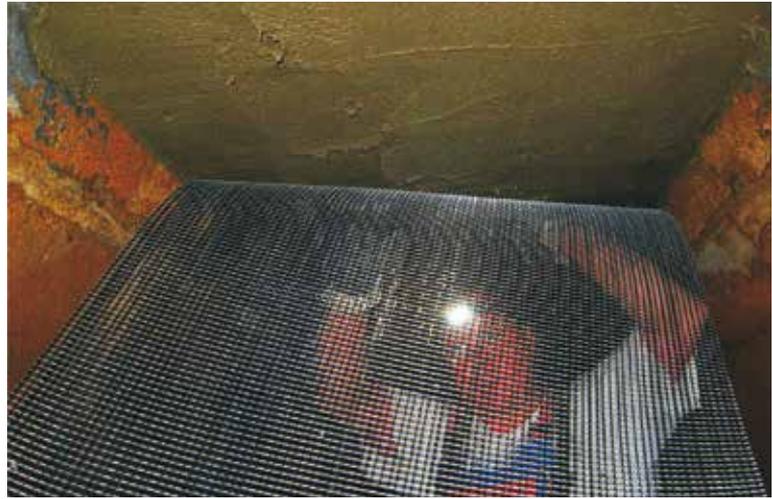
Erprobung einer Sanierungsmöglichkeit mit Textilbeton an einem Klärbecken

Testing of a rehabilitation opportunity with textile reinforced concrete at a settling basin
Photo: Tobias Walther

Rehabilitation of wastewater sewer

A survey of the German Association for Water, Wastewater and Waste (DWA) in 2009 showed that 32 % of the sewer system in Germany has an age of over 50 years. With a rising structure age, the liability to damages is rising too. The existing damage must be repaired to guarantee the function of the sewer system. Given the existing rehabilitation options, not every case of damage can be repaired appropriately and efficiently. The use of textile reinforced concrete (TRC) can be a reasonable complement of the common rehabilitation methods. The advantages of TRC over conventional methods, for example, the good adaptability to curved shapes, the fine crack-pattern at high loading and the high concrete quality, should be used advantageously at sewage rehabilitation sites. But, until now, there is no record of use nor behaviour data of TRC in sewage constructions.

To study the in-situ behaviour of TRC in sewage constructions, a repair of the sewer peak using



Einarbeitung des Textils in die frische Feinbetonschicht im Abwasserkanal | Application of a carbon textile layer in fresh concrete in the wastewater sewer Photo: Tobias Walther

TRC in a sewage section of the urban drainage of Dresden was completed. The work became necessary, because at the sewer peak location the concrete was partially damaged and the reinforcing steel was corroded. Before the rehabilitation work could start, the sewer was cleaned, the corrosion products were removed, the concrete was re-alkalized and re-modelled and – if necessary – it was roughed-up by high pressure water. Afterwards, TRC was applied in layers. The major difficulty was to transport the material in a workable state from the shaft entrance to the working place and to handle it carefully in close quarters. The work was finished within 14 days. In another pilot project, TRC was used for rehabilitation of a tank head of a sewage plant. The test field application will be subjected to an expert opinion in spring which will provide an evaluation to determine if textile reinforced concrete is a suitable repair option.

Furthermore, specimens were tested under sulphate-attack conditions, similar to those found in the sewer. In tensile tests, the loading capacities of textile reinforced specimens were reduced by about 22 %, if the samples were stored in a sulphur bath, compared with specimen under normal conditions. For the intended application, a decrease in strength of this magnitude should be completely uncritical.

Titel | Title

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

Förderer | Funding

BMW; PT: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e.V. (AiF)

Zeitraum | Period

04.2013 – 03.2015

Leiter | Project Manager

Dr.-Ing. Frank Schladitz

Bearbeiter | Contributors

Dr.-Ing. Matthias Lieboldt, Dipl.-Ing. Tobias Walther, Viet Anh Nguyen M.Sc.

Projektpartner | Project Partner

Kanal-Service Dresden GmbH, Dresden

Verbindungen schaffen

Die zunehmende Erfahrung mit Textilbeton befördert den Einsatz des Materials in der Baupraxis. Bisher sind vor allem Pilotprojekte und Demonstrationsbauwerke, z. B. Verstärkungen, leichte Brücken, kleinere Gebäude oder Fassadenelemente, entstanden. Dabei zeigte sich, dass sich Textilbeton außer für Bauteilverstärkungen insbesondere für den Fertigteilbau eignet. Aufgrund der definierten Herstellungsbedingungen in Fertigteilwerken und der guten Formbarkeit der textilen Bewehrung können schlanke, maßgenaue und leicht zu transportierende Bauteile in vielfältigen Formen und Größen hergestellt werden.

Zum Ausschalen und Transport von Fertigteilen sowie zur Verbindung mit anderen Bauteilen zu einem Bauwerk bedarf es jeweils verschiedener Einbauteile, die die auftretenden Kräfte nachweisbar und dauerhaft in das Textilbetonbauteil übertragen. Diese Einbauteile müssen sich passgenau einfügen und qualitätsgerecht eingebaut werden können. Bisher wurden dazu Sonderanfertigungen verwendet oder auf vorhandene, geregelte Produkte für Stahlbeton oder Faserzement zurückgegriffen, die aber zusätzlich speziell auf den jeweiligen Einsatzfall abgestimmt und für diesen geprüft werden mussten. Dies war kosten- und zeitaufwendig, was den Einsatz von Textilbeton für Neubauteile behinderte.

Um den Anforderungen an eine wirtschaftliche und effiziente Herstellung von Textilbetonelementen gerecht zu werden, müssen also Konstruktions- und Bemessungsempfehlungen für Einbauteile entwickelt werden, welche sich für typische Textilbetonfertigteile und für gängige Fertigungstechnologien eignen. Hierzu werden am Markt vorhandene Einbauteile hinsichtlich ihrer Eignung für dünne Textilbetonfertigteile ausgewählt, angepasst und untersucht, sodass zukünftig auf geeignete Verbindungselemente auf Grundlage umfassender Untersuchungen zurückgegriffen werden kann. Drei Hauptgruppen von Einbauteilen werden im laufenden Projekt betrachtet:

- Anker und Hülsen für den Transport und die dauerhafte Montage,
- Einbauteile für schubfeste Verbindungen bei Sandwichkonstruktionen und
- Randeinfassungen für stirnseitige Verbindungen von Bauteilen.

Neben der Beanspruchbarkeit gegenüber typischen Einwirkungen steht auch die Fertigungstechnologie im Fokus des Forschungsprojektes. Als die wirtschaftlichste Herstellungsvariante für Betonfertigteile werden die Betonage im Gießverfahren und die damit einhergehenden Anforderungen an die fertigungstechnische Umsetzung untersucht.



Auszugversuch einer Gewindehülse an kleinteiligen Probekörpern

Pull-out test of a threaded sleeve on small scale specimen

Photo: Tom Sauerborn

Connecting elements

Due to the growing experience with textile reinforced concrete (TRC), the usage of the composite material in building practice is increasing. Up to now, especially pilot and demonstration projects have been completed. Among them are the strengthening of structural elements, construction of lightweight bridges, smaller buildings and diverse façade elements. It was proven that TRC is particularly suitable for reinforcing existing structures and for prefabricated elements. Thanks to the good formability of the textile reinforcement, elements are thin, accurately sized, easily transportable, and cast in different shapes.



Fixierte Textilbewehrungen mit Gewindehülse für die Betonage im Gießverfahren

Textile reinforcement with threaded sleeve prepared for concreting Photo: Tom Sauerborn

These textile reinforced prefabricated concrete elements need statically effective mounting parts for casting and formwork removal, transport and for the connection to other structural elements. The mounting parts have to transfer forces permanently and safely in the TRC. In addition, an accurate placement of these parts must be ensured throughout the fabrication process. To date, purpose-built items or existing products for reinforced concrete or fibre cement have been used, which have been adapted and tested according to the requirements. This practice is costly in terms of

time and money and prevents the usage of TRC for prefabricated elements. Therefore, design and construction recommendations suitable for typical TRC elements and manufacturing technologies need to be developed if we want to produce TRC elements economically and effectively.

For an economic and effective fabrication of TRC elements, design and construction recommendation must be developed which are suitable for typical TRC elements and manufacturing technologies. Therefore, actual existing mounting parts are analysed, selected and adapted to meet the requirements of thin TRC elements. In the future, suitable mounting parts can be identified and used based on the recommendations that will be developed from theoretical considerations and practical tests. Throughout the project, three main groups of mounting parts are analysed:

- ❑ anchors for transportation and permanent installations,
- ❑ shear load bearing elements for sandwich constructions,
- ❑ parts for frontal connections and framing.

In addition to the load bearing behaviour of the mounting parts, the manufacturing technologies are studied. The pouring of concrete into forms is the most economic casting technology, which implies taking into account specific prefabrication requirements.

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

BMW; PT: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e.V. (AiF)

Zeitraum | Period

05.2014 – 10.2015

Leiter | Project Manager

Dr.-Ing. Frank Schladitz

Bearbeiter | Contributors

Dipl.-Ing. Tom Sauerborn

Projektpartner | Project Partner

AIB GmbH, Bautzen | TUDAG – Deutsches Zentrum Textilbeton, Dresden | Bauplanung Illner BPi, Ebersbach-Neugersdorf

Geprüft und zugelassen – Textilbeton auf dem Weg zur breiten Anwendung

Das Fehlen von bauaufsichtlichen Regelungen war lange Zeit ein sehr großes Anwendungshemmnis für den breiten Einsatz von Textilbeton (TRC) z. B. zur Verstärkung von Bauteilen in der Praxis. Trotz der vergleichsweise einfachen Anwendbarkeit des Verstärkungsverfahrens, der Korrosionsbeständigkeit der Verstärkungsmaterialien und der erreichbaren hohen Traglaststeigerungen war die Anwendung bisher nur durch die aufwändige Beantragung von Zustimmungen im Einzelfall möglich.

Daher wurde im Jahre 2009 vom Deutschen Zentrum Textilbeton (DZT) in Pionierarbeit begonnen, ein Konzept für eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (abZ) für ein Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit TUDALIT®-Textilbeton zu entwickeln und mit dem Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) in Berlin abzustimmen. Nach der Bewilligung des erarbeiteten Prüfplanes erhielt unser Institut den Auftrag, die Vielzahl der erforderlichen Zulassungsversuche durchzuführen und zu bewerten. Die kleinteiligen Prüfungen und Bauteilversuche zum Nachweis der Tragfähigkeit des Verstärkungssystems begannen 2010 und konnten 2014 erfolgreich mit der Erstellung einer gutachter-

lichen Stellungnahme abgeschlossen werden.

Mit der anschließenden Erteilung der ersten allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-31.10-182 im Juni 2014 ist nun eine wesentliche Voraussetzung für einen einfachen und breiten Einsatz von TUDALIT®-Textilbeton geschaffen. Das zugelassene Verfahren ermöglicht in Verbindung mit dem in der Zulassung geregelten Bemessungs- und Sicherheitskonzept die sichere und extrem schlanke und materialeffiziente Verstärkung von biegebeanspruchten Stahlbetonbauteilen mit textilbewehrtem Beton im Innenbereich. Neben der einfachen Anwendung des Verstärkungssystems erhöht die Zulassung zudem die Akzeptanz von TRC bei Bauherren, Architekten, Tragwerksplanern und bauausführenden Firmen.

Nun gilt es, neue Bereiche und Anwendungsfelder zu erschließen und durch weitere Forschung eine Standardisierung von Textilbeton voranzutreiben. Vordringlich können beispielsweise die Erweiterung des Einsatzbereiches von TRC für Außenbauteile und in Bereichen mit nicht vorwiegend ruhender Belastung genannt werden. Es gibt also weiterhin viel zu tun. Packen wir es an!



Verstärken der Platten für die Großversuche durch Mitarbeiter der Firma Torkret
Reinforcing of the slabs for large-scale tests by an employee of the company Torkret
 Photo: Frank Schladitz

Tested and approved – TRC on its way to broad application

The lack of general technical building inspection and design regulations has been an obstacle for the widespread use of textile reinforced concrete (TRC). Despite its easy application, the corrosion resistance of the textile reinforcement, and the high increase in the load bearing capacity of TRC-strengthened structural elements, the use of TRC was only possible after applying for an approval for its application in individual cases (ZiE).

In 2009, pioneer work to draft such regulations began at the Deutsche Zentrum Textilbeton (DZT). A procedure for strengthening steel reinforced concrete with TUDALIT®-TRC was developed and was coordinated with the German Institute for Building Technology (DIBt). After the testing plan had



Textilbetonverstärkung mit TUDALIT®Textilbeton im Innenbereich
Indoor reinforcement with TUDALIT®-TRC Photo: Silvio Weiland

been approved, our institute was commissioned to carry out and to evaluate the many tests required for approval. The small-scaled tests and large-scale tests on building components, aimed at verifying the load bearing capacity, began in 2010, and they were successfully completed with an expert's opinion in 2014.

With the granting and approval of regulation Z-31.10-182 in June 2014, the scene has been set for a broad and easy use of TUDALIT®-TRC. TRC can now be used as a reinforcement method for indoor reinforced concrete elements. The approval of these technical regulations has increased the acceptance of TRC among contractors, architects, structural engineers and construction companies.

Now, new fields of application need to be opened up and extended through further research and standardisation of TRC. For example, outdoor building elements as well as elements under predominantly non static loading need further examination. There is still a lot of work to do. Let's get to it!

Titel | Title

Zulassungsversuche für TUDALIT®-Textilbeton zur Bauteilverstärkung | Approval tests for strengthening of steel reinforced concrete components with TUDALIT®-textile reinforced concrete (TRC)

Förderer | Funding

Deutsches Zentrum Textilbeton (DZT), Dresden

Zeitraum | Period

10.2010 – 06.2014

Leiter | Project Manager

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

Bearbeiter | Contributors

Enrico Lorenz M.Sc., Dr.-Ing. Frank Schladitz, Dipl.-Ing. Elisabeth Schütze, Dr.-Ing. Silvio Weiland (ehemals DZT), Rainer Belger, Dipl.-Ing. Kathrin Dietz, Heiko Günther, Jens Hohensee, Tino Jänke, Maik Patricny, Mario Polke-Schminke, Doreen Sonntag, Andreas Thieme, Heiko Wachtel, Bernd Wehner

Autartec – Wohnen auf dem Wasser

Energieeffizient wohnen und bauen – das ist eines der wichtigsten Ziele für das Bauen der Zukunft. Teilweise autarke Häuser, die sich beispielsweise selbstständig mit Strom und Wärme versorgen, gibt es schon auf dem Markt. Beinahe vollkommen autarke Häuser, die zusätzlich auch Aufbereitungstechnik für Nutz- und/oder Trinkwasser bieten, werden noch eher selten umgesetzt. Der auf den ersten Blick vielversprechende Ansatz solcher autarker Häuser bringt nämlich den Nachteil mit sich, dass mit der Zunahme der benötigten Technik, die eingebaut werden muss, die Nutzfläche eines autarken Hauses abnimmt und der Wohnkonform eingeschränkt wird.

Um dennoch das Ziel eines (nahezu) vollständig autarken Hauses zu erreichen, muss in der Planung und Ausführung anders, vielleicht auch vollkommen neu, gedacht werden. Auf Grund der intensiven Grundlagenforschung im Bereich des textilbewehrten Betons konnte ein revolutionärer Verbundwerkstoff entwickelt werden, der gerade für eine solche Anwendung optimal zu sein scheint. Bekanntlich können mit Textilbeton sehr filigrane Bauteile hergestellt werden, wahlweise auch mit Zwischenschichten oder Hohlräumen als Sandwichkonstruktion kombiniert. In den Zwischenräumen, die auf Grund der gewählten

Geometrie für eine bessere Lastabtragung entstehen, kann dann bspw. die benötigte Technik für ein autarkes Haus verstaut werden.

Im autartec-Projekt wird bereits bei der Planung der einzelnen Elemente gezielt der Fokus auf die Möglichkeit einer individuellen Wartung oder eines Austauschs der eingebauten Technikelemente gelegt, um einen langen Lebenszyklus der Gesamtkonstruktion zu gewährleisten. Des Weiteren sollen natürlich – neben den statischen Anforderungen – die erforderlichen Nachweise für den Wärme-, Schallschutz sowie der Luftdichtigkeit eingehalten werden, um ein optimales Raumklima zu schaffen. Dieses Ziel wollen wir durch die Zusammenarbeit mit Projektpartnern aus mehreren Fachgebieten erreichen. Mit Spannung werden in naher Zukunft die ersten Ergebnisse aus der Forschung und der Entwicklung der einzelnen Komponenten erwartet. Am Ende der dreijährigen Laufzeit des Projektes soll in der Lausitzer Seenlandschaft ein Demonstrator für die jeweiligen Komponenten autarker Versorgungstechnologien gebaut und für die interessierte Öffentlichkeit zugänglich sein. Zusätzlich wird an diesen Demonstratoren ein Langzeitmonitoring durchgeführt, um die Wirksamkeit der einzelnen Komponenten zu untersuchen.

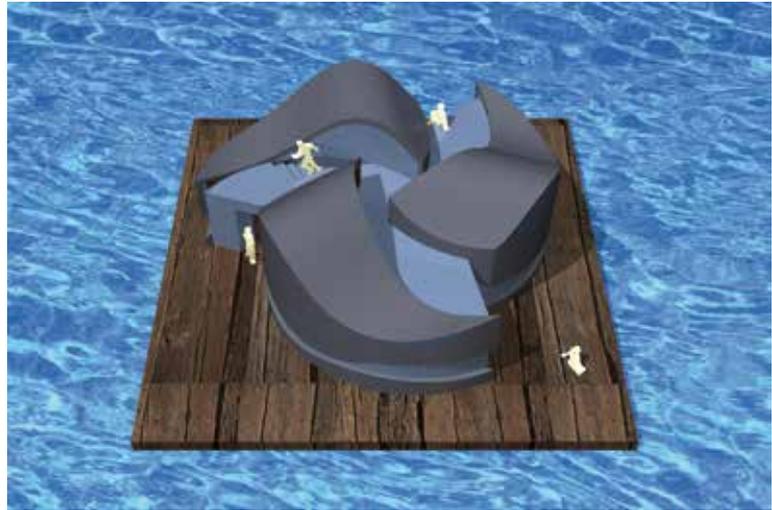


Bereits am künftigen Standort vorhandene schwimmende Häuser in Stahlverbundbauweise

Already existing floating homes in steel composite construction on the future site Photo: Egbert Müller

Autartec – Living on the water

The next generations of civil engineers have to consider energy efficiency in both areas: structural design and living conditions. To meet these requirements, a solid research is necessary. Today's buildings can be roughly divided into three groups: traditional, semi-autarkic and self-sufficient constructions. A self-sufficient building needs a lot of room for utilities, and, as result of this, the living space is reduced. This scenario needs to be changed.



Designvorschlag für die Hülle eines autarken Gebäudes

Possible design of an autartec building Graphic: AIB, Marén Kupke

One big step towards a self-sufficient construction was reached by the ground-breaking research on textile reinforced concrete (TRC). With this new composite material, it's possible to generate thin and filigree structural elements. A feasible use of such elements could be a double U-channel. This type of TRC-element provides cavities which can be used to place and store all the technology media required for a self-sufficient construction.

In a self-sufficient construction, the replacement of each individual element has to be guaranteed. Furthermore, the cost and lifetime of several components need to be taken into consideration. Therefore, the TRC-elements have to be efficiently designed and arranged. All of these facts are important to bear in mind during the planning phase of such a kind of construction. Additionally, with regard to comfortable living conditions, all the conventional requirements, e. g. of thermal insulation, sound insulation and air tightness, must be met. To reach this goal, project partners from several disciplines work together. We can hardly wait for the first results from each member involved in this cooperative effort. After three years, the developed components for a self-sufficient construction will be installed in a model house, to be located in the Lausitzer Seenlandschaft. Furthermore, this structure will be used to monitor the long-term behavior of the installed components. The public will get the opportunity to take a look into this showcase construction.

Titel | Title

autartec – Experimentelle Untersuchungen zur Prüfung und Entwicklung von Materialien im Bereich des Textilbetons sowie funktionsspezifische Bauteilprüfungen an Textilbetonelementen | autartec – 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)

Zeitraum | Period

09.2014 – 08.2017

Leiter | Project Manager

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

Bearbeiter | Contributors

Dipl.-Ing. Egbert Müller

Projektpartner | Project Partner

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

Gießende Herstellung von Textilbeton

Die Herstellung von Textilbetonbauteilen erfolgt heutzutage in der Regel im sogenannten Laminierverfahren. Hierbei wird in einer Schalung abwechselnd eine dünne Schicht Beton und dann eine textile Bewehrungslage eingelegt. Den Abschluss bildet wieder eine dünne Schicht Feinbeton. Diese Art der Herstellung erlaubt eine äußerst genaue Produktion von Textilbetonbauteilen in fast jeder Form mit einer gleichzeitig hohen Lagegenauigkeit der textilen Bewehrung. Jedoch benötigt man für dieses Verfahren auch viel Platz, Zeit und Personal – für eine serielle Herstellung von einfachen Platten ist es somit schlichtweg zu teuer.

Deshalb entwickelten wir zusammen mit den Projektpartnern KDS GmbH und beweka Betonwerke Kahla GmbH das neue Abstandhaltersystem DistTEX für Textilbetonbauteile. Das System besteht aus Abstandhalterstiften, die den Abstand der äußeren Bewehrungslagen zur Schalung sicherstellen, und Distanzkörben, die den Abstand zwischen den Bewehrungstextilien gewährleisten.

Im Forschungsprojekt wurde das System selbst entwickelt und umfassende Untersuchungen

bspw. hinsichtlich des Handlings und der Einflüsse auf das Tragverhalten von Bauteilen mit DistTEX erprobt. Abschließend untersuchten wir das Verhalten einbetonierter Abstandhalter im Brandfall und das von nicht einbetonierten Abstandhaltern unter UV-Strahlung im „normalen mitteleuropäischen“ Klima. Bei den letzteren Untersuchungen konnte beobachtet werden, dass die Abstandhalter nach einem im Zeitraffer simulierten Jahr die Form änderten: das Material der Abstandhalter hellte sich auf, die Spitzen der Abstandhalter wurden schlanker und länger. Die Veränderungen betragen zwischen -6 % und +4 %. Damit die hohen Anforderungen an die Lagegenauigkeit der Bewehrung und damit verbunden auch an die Abstandhalter eingehalten werden können, müssen die DistTEX-Bestandteile also bis zu ihrer Verwendung vor äußeren klimatischen Einflüssen geschützt werden.

Außerdem konnten mit Hilfe der Abstandhalter gekrümmte Platten im Gießverfahren hergestellt werden. Das Bild zeigt einen ca. 60 cm breiten Bogen mit einem Stich von 17 cm. Die mit den Abstandhaltern bestückte Bewehrung ließ sich einwandfrei in die Schalung stellen und betonieren.



Näheres zu Funktionsweise und Bestandteilen von DistTEX findet man auch unter www.disttex.com.

Herstellung eines Bogenausschnitts aus Textilbeton im Gießverfahren mit DistTEX

Producing of an arch part made out of textile reinforced concrete with DistTEX Photo: Davoud Akbari

Casting fabrication of TRC

The production of textile reinforced concrete (TRC) structures takes place usually throughout a laminating process. In such a way that, a thin layer of concrete and a layer of textile reinforcement is inserted alternatively in a mould. Finally, a thin layer of fine concrete is applied. This method of production allows for a highly accurate production of TRC-components in almost any shape providing simultaneously a high positional accuracy of the textile reinforcement. But, this process requires a lot of working space, time and manpower. For serial production of simple plates, it is simply too expensive.



Betonage im Gießverfahren mit DistTEX
Casting with DistTEX Photo: Tobias Walther

Production optimization was the purpose of the new spacer system DistTEX development for TRC-components at TUD along with project partners KDS GmbH and beweka concrete factory Kahla GmbH. The system consists of both: spacers to ensure the distance between the outer layers of reinforcement to formwork, and distance baskets to ensure the distance between the textile layers.

In the research project, the system was developed and investigated comprehensively, e. g. in

Titel | Title

Entwicklung und Erprobung eines Abstandhaltersystems für textile Bewehrungen in Beton | *Development and testing of a spacer system for textile reinforcements in concrete*

Förderer | Funding

BMW; PT: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF)

Zeitraum | Period

10.2012 – 03.2014

Leiter | Project Manager

Dr.-Ing. Frank Schladitz

Bearbeiter | Contributors

Dr.-Ing. Frank Schladitz, Dipl.-Ing. Tobias Walther

Projektpartner | Project Partner

KDS Präzisions-Formen- und Werkzeugbau GmbH, Großröhrsdorf | beweka Betonwerk Kahla GmbH, Kahla

terms of material handling and of the structural behaviour effects of components produced with DistTEX. Finally, we studied the behaviour of spacer elements under UV radiation in „standard continental“ climate and of concrete embedded spacers in case of fire. In these studies, it was observed that the shape of the spacers for a simulated time-lapse of one year changed: the material of the spacer deformed; the tips of the spacers got slimmer and longer. The changes were between -6 % and +4 %. To follow the high standards on the positional accuracy of the textile reinforcement associated to the spacers, the DistTEX components must be protected against external climatic influences until they are used.

Furthermore, it was possible to produce a curved slab in a casting process by using the spacers. The picture shows a 60 cm wide arc with an arch rise of 17 cm. The reinforcement armed with the spacers were properly placed into the formwork and concreting.

More information regarding the function and components of DistTEX can be found at www.disttex.com.

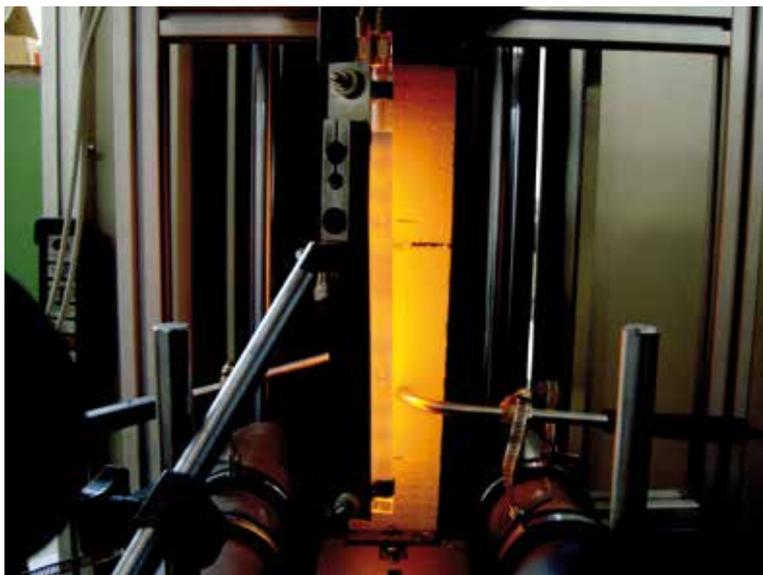
Textilbetonplatten unter sehr hohen Temperaturen

Die Fassadengestaltung mit Textilbetonplatten ist weiterhin auf dem Vormarsch. Durch die nur 2–4 cm dünnen Bauteile kann viel Gewicht im Vergleich zu herkömmlichen, deutlich dickeren Stahlbetonplatten eingespart werden. Dies wirkt sich z. B. im Materialverbrauch und beim Transport, aber auch bei der tragenden Konstruktion eines Bauwerkes aus. Das grundsätzliche Materialverhalten von Textilbeton (TRC) ist mittlerweile sehr gut erforscht, allerdings besteht beim Verhalten von TRC bei (sehr) hohen Temperaturen, wie sie beispielsweise im Brandfall auftreten können, noch Forschungsbedarf. Ziel des Projektes ist es, zukünftig den Einsatz von Textilbetonfassaden auch in Bereichen mit höheren brandschutztechnischen Anforderungen zu ermöglichen.

Bekannt ist, dass sich vor allem der Verbund zwischen dem Bewehrungstextil und der Betonmatrix bei hohen Temperaturen verschlechtert. Der Hauptgrund dafür ist die bei der Textilherstellung verwendete Beschichtung. Diese besteht bisher in den meisten Fällen aus Styrolbutadien. Bei Wärmezufuhr erweicht eine solche Beschichtung. Deshalb entwickelten unsere Projektpartner am Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik der TU Dresden eine hitzebeständige Beschichtung. Zeitgleich erfolgte

die Optimierung des bisher verwendeten Betons an unserem Institut. Mit Hilfe von Polypropylen-Kurzfasern, die in ähnlicher Art und Weise bereits im Tunnelbau eingesetzt werden, soll es gelingen, den Beton hitzeresistenter zu gestalten. Die Kunststofffasern beginnen, bei einer Brandbelastung zu schmelzen. Dadurch entsteht im Beton mehr Platz, damit der entstehende Wasserdampf sich ausbreiten kann, ohne dass kritische Spannungskonzentrationen entstehen, die zu einem plötzlichen großflächigen Versagen führen.

Zur Charakterisierung wurden die neuen Materialien textilbetontypischen Untersuchungen unter Hitzebelastung unterzogen. Aktuell führen wir einaxiale Zugversuche mit stationärer und instationärer Temperaturbelastung von bis zu 600 °C durch, aus denen Spannungs-Dehnungs-Beziehungen für TRC bei unterschiedlichen Temperaturen abgeleitet werden können. In Pull-Out-Versuchen unter Temperaturbelastung wird das Verbundverhalten zwischen den Garnen und der Betonmatrix bestimmt. Die Ergebnisse fließen anschließend in die Berechnung der TRC-Fassadenplatten ein. Zum Projektabschluss werden großformatige Platten realitätsnah einer Brandprüfung unterzogen, damit die Ergebnisse validiert werden können.



Pull-Out-Versuche unter
Temperaturbelastung
*Pull-out test under
temperature load
Photo: Daniel Ehlig*

Textile reinforced concrete slabs under high temperature

The design of facades by using textile reinforced concrete (TRC) slabs is on the rise. Using only 2–4 cm thin structural elements, it is possible to make huge savings due to a lower self-weight compared with that of relative thick reinforced concrete slabs. This has an effect not only on material consumption and transport, but also in the supporting structure of a building. The basic material behaviour of TRC has already been well investigated, but some research is needed in regard to the behaviour of TRC at (very) high temperatures, as those typical in the case of fire. The aim of the project is to make the usage of textile reinforced concrete façade panels feasible in areas with high fire protection requirements.

It is known, that the bond between the textile reinforcement and the concrete deteriorates at higher temperatures. The main reason is the poor fire resistance of the coating applied on the yarns during textile production. This is mostly a styrene-



Feinbeton-Trockenmischung mit Polypropylen-Kurzfasern

Dry concrete mixture with polypropylene short fibers

Photo: Tobias Walther

butadiene coating. The disadvantage is that such a coating melts under the influence of heat. Therefore, our project partner from the Institute of Textile Machinery and High Performance Material Technology at the TU Dresden developed a heat resistant coating. Simultaneously, we optimised the concrete mixture at our research institute. With the help of milled polypropylene fibres, which are already used in tunnel constructions in a similar way, it was possible to create a heat resistant concrete. It works like this: The milled fibres melt at high temperatures. Thus, inside the concrete matrix there is more space for the water vapour, which develops because of the evaporation of the pore water. So, the increase in volume takes place without reaching critical stress concentrations in the concrete, which could lead to large-scale spallings.

For TRC elements, typical trials were done to characterise the new materials. In addition, we did e. g. uniaxial tensile tests with steady-state and non-steady temperature stress up to 600 °C to determine stress-strain relations for TRC under different temperatures. The bond between yarn and concrete was investigated using pull-out tests under temperature stress. The results will help to design a TRC façade. At the end of the project, large-scale slabs will be fire tested to validate the results.

Titel | Title

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

Förderer | Funding

BMW; PT: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF)

Zeitraum | Period

10.2012 – 08.2015

Leiter | Project Manager

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

Bearbeiter | Contributors

Enrico Lorenz M.Sc., Dipl.-Ing. Tobias Walther

Projektpartner | Project Partner

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

Clever heizen mit smarttex

Zukünftig müssen wir deutlich ressourceneffizienter bauen als bisher. Einer der Kernpunkte wird die funktionsintegrierte Bauweise sein, die die Kombination verschiedener Funktionen innerhalb eines Bauteils anstrebt. Insbesondere der hochtechnologische Werkstoff Carbonbeton kann durch die Aktivierung seiner elektrisch leitfähigen Bewehrung hierfür genutzt werden. So lässt sich durch den elektrischen Widerstand des Carbons Wärme erzeugen und die Oberfläche eines Carbonbetonelements als Strahlungsheizung nutzen. Werden solche Elemente nun beispielsweise in die Gebäudehülle integriert, so kann diese selbst zur Gebäudebeheizung genutzt werden. So ist es möglich, durch den Einsatz von Carbonbeton nicht nur die einzusetzenden Materialmengen, sondern auch den Umfang der Anlagentechnik zu reduzieren, und es wird ein hoher Komfort für Nutzer und Betreiber erreicht.

Die Funktionsweise von Heizelementen aus Carbonbeton wurde bereits in Versuchen an kleinformatigen Probekörpern nachgewiesen. Um das Konzept nun zum ersten Mal in die Praxis umzusetzen, wurde ein Demonstrator entwickelt, der im Dezember 2014 an einem Experimentalbau der HTWK Leipzig angebracht wurde. Dazu wurde in der Pfosten-Riegel-Konstruktion der Fassa-

de eines der vorhandenen Glaselemente durch das im Projekt entwickelte smarttex-board ausgetauscht – ein Wandelement, das aus zwei 22 mm starken Carbonbetonplatten besteht, die über umlaufende und mittig angeordnete GFK-Profile miteinander verbunden und ausgesteift sind. Dazwischen ist eine Dämmebene aus Vakuumisulationspaneelen angeordnet. Die innere Carbonbetonschale ist mit einem Heiztextil verstärkt, das durch Kontaktierung der Carbongarne in einem textilen Gelege hergestellt wird. Dieses Heizgelege ist in vier Zonen unterteilt, die individuell über ein Touchpanel in Elementnähe angesteuert werden können. Um die Funktion des smarttex-boards zu überwachen und die Betriebssicherheit zu gewährleisten, erfolgt ein Monitoring. Dafür sind in jedem der Heizfelder Temperaturfühler direkt am Gelege angebracht, die die Messwerte zentral sammeln. Ist die Betriebstemperatur überschritten, wird die Stromversorgung unverzüglich unterbrochen. Zur bauklimatischen Überwachung sind zudem weitere Sensoren zur Messung von Temperatur und Feuchte an mehreren Stellen in den Schichtaufbau integriert. Die Messwerte können jederzeit direkt auf dem Steuerpanel abgerufen werden. So kann das Funktionsprinzip des smarttex-boards für jeden Nutzer zugänglich gemacht werden.



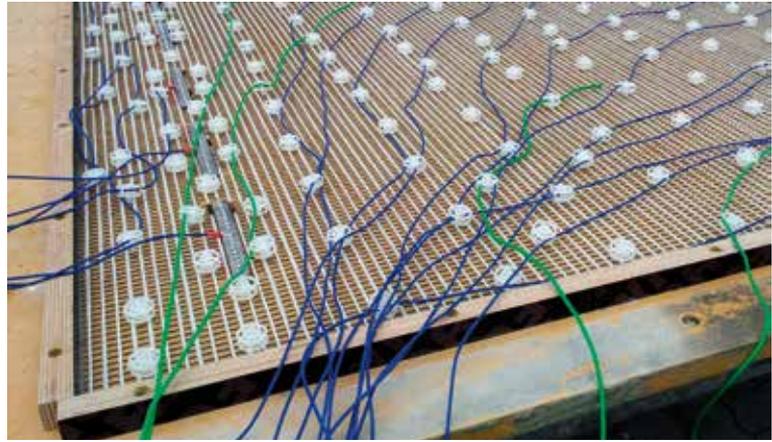
Betonage des smarttex-boards

Casting a smarttex-board Photo: Adrian Heller

Clever heating with smarttex

In the future, we will need to construct in a much more resource-efficient manner. One of the fundamental points will be a functionally integrated way of construction, where several functions will be combined in one structural element. Here, the high-tech material, carbon concrete, can be efficiently used because of its good electrical conductivity. The electrical resistance of carbon is utilised to generate heat, allowing the use of a carbon concrete element surface for radiation heating. When such elements are integrated into the building

scope, they can be used to heat the building. The application of these elements minimizes the use of material as well as the extent of other heating installation equipment and associated engineering design, yet resulting in a high level of comfort for both the user and the operator.



Kontaktiertes Textil vor der Betonage eines smarttex-boards
Wired textile before casting a smarttex-board Photo: Elisabeth Schütze

The functionality of the carbon concrete heating elements has been proven in several small-scale tests. In order to put the concept into practice, an experimental model was developed. In December 2014, the model was attached to an experimental construction at HTWK Leipzig.

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

BMW; PT: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF)

Zeitraum | Period

06.2012 – 05.2015

Leiter | Project Manager

Dr.-Ing. Frank Schladitz

Bearbeiter | Contributors

Dipl.-Ing. Elisabeth Schütze

Projektpartner | Project Partner

Qpoint GmbH, Dresden | SGB Steuertechnik GmbH, Leipzig | HFB Engineering GmbH, Leipzig | Variotec GmbH & Co. KG + IEM Forstner, Neumarkt i. d. Oberpfalz | Architekturinstitut der HTWK Leipzig, FG energiedesign

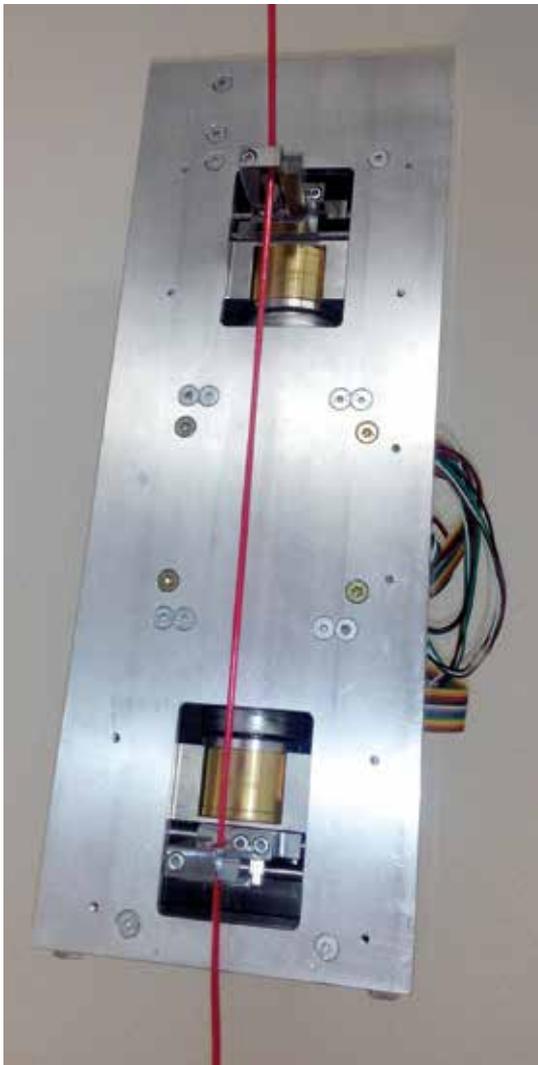
In a post-and-beam facade, one of the glass elements was exchanged for the smarttex-board developed in the project. This board consists of two 22 mm thin carbon concrete slabs connected via GRP-profiles. An insulation layer, consisting of vacuum insulation panels, is arranged in between. The inner carbon concrete shell is reinforced with a heating textile, fabricated by applying electrical contacts to the carbon yarns in the textile. This textile is divided into four zones, which can be controlled individually with a touch panel. In order to monitor the function of the smarttex-board and to guarantee the operational safety, several temperature sensors were installed close to the textile, collecting data. If the operating temperature limit is exceeded, the power supply will be interrupted instantly.

For supervising the building ambient conditions, additional sensors for measuring temperature and humidity are integrated into the layer structure of the smarttex-board. The collected data can be retrieved from the touch panel, making the operating function of the smarttex board accessible for every user.

Roboter im Bauwerksmonitoring

Zunehmend werden Roboter, ausgestattet mit Sensoren und Kameras, im Bauingenieurwesen zum Bauwerksmonitoring eingesetzt, um kostengünstig Daten zur Planung von Sanierungs- oder Umnutzungsmaßnahmen zu gewinnen. Sie ermöglichen selbst komplette Scans von schwer erreichbaren Bauwerksoberflächen.

Im Rahmen eines von der AiF geförderten Vorhabens wurde zu diesem Zweck der Robo-



Roboter mit Greifern in Aktion

Robot with grippers in action

Photo: Thoralf Schober

ter „CLIBOT“ entworfen und als Demonstrator gebaut, der sich an Seilen, Drähten oder Litzen kletternd zu seinem Einsatzort bewegt und in der Lage ist, die überkletterten Bereiche fotografisch festzuhalten. CLIBOT wurde im Jahr 2014 fertiggestellt und hat in ersten Versuchen seine Einsatzfähigkeit bewiesen.

Grundlegend dafür war die Entwicklung eines Greifers, der sich mit geringem Energieverbrauch sicher am Klettermedium festhalten kann. In einem eigens dazu entwickelten Prüfstand konnte ein optimales Design gefunden werden. Das Grundgerät des Roboters besteht aus zwei Greifern dieses Typs, die sich durch den Fahrtrieb alternierend auf und ab bewegen, sich öffnen und schließen und so a la Stange klettern eine Auf- und Abwärtsbewegung des Roboters ermöglichen.

Die rasante Entwicklung der Smartphones mit ihrer ausgezeichneten Haptik, hohen Performance und geringen Abmessungen prädestinierten diese Geräte für den Robotereinsatz, so auch beim hier vorgestellten Projekt. Ein 5“-Android-Handy mit einer Schnittstelle zur Hardware („IOIO“) liefert die Hardware zur Steuerung. Eine speziell für diese Zwecke geschriebene App realisiert die „Intelligenz“. Sie steuert die Bewegungsabläufe des Roboters mit seinen Greifern und sendet über WLAN ein Livebild von der integrierten Kamera. Die Parametrierung und die Konfigurierung auf die konkreten Einsatzbedingungen sind ebenfalls durch die Software möglich.

Durch die Daten- und Kommandoübertragung via WLAN kann die Fernsteuerung des Roboters durch ein beliebiges Smartphone, Tablet oder Notebook vorgenommen werden. Der in letzteren Geräten vorhandene Webbrowser bildet die Steueroberfläche inklusive eines Livebildes der integrierten Kamera ab und sendet Kommandos zur Steuerung oder zum Auslösen eines Fotos an den Roboter CLIBOT. Das Livebild zeigt die vom Roboter überfahrene Oberfläche an und erleichtert das präzise Anfahren der Messstellen auch unter Baustellenbedingungen.

Robots for building monitoring

Increasingly, robots equipped with sensors and cameras are set into operation to gather data for building reconstruction and rehabilitation projects. In the process, even complete scans of difficult to reach surfaces are feasible.

Within this background, the robot „CLIBOT“ was designed and constructed as an experimental model during a project promoted by the AiF. The robot can move thru ropes, wires and strands towards its desired location to take photos of desired areas. CLIBOT was completed in 2014, and it has demonstrated its capabilities.



Roboter mit Elektroniktestfeld

Robot with electronic test bed Photo: Thoralf Schober

Basically, the objective was to develop a gripper for a climbing robot that grasps the climbing media safely and has low energy consumption. An optimal design was found by specialized tests. The basic device consists of two grippers, which are moving alternatively up and down by a driving motor. Further, the driving motor causes an opening and closing of the grippers, so that a climbing process can be executed, like that in a climbing rope action.

The rapid developing rate of smartphones, with their excellent optic, high performance and low dimensions, predestine these devices for robot operation and control. The robot electronic consists of a 5-inch android mobile phone with a special interface aka „IOIO“. A dedicated android application executes the „brainpower“, which controls the robot kinematics and delivers a real-time image of the internal camera via WLAN. That software enables setup and adapts the configuration to the operational conditions.

The data and command interchange by wireless LAN allows a convenient remote control by using all phones, tablets and notebooks. The installed web browser displays the front-end of the robot including a real-time image, and it transmits commands to the CLIBOT with the purpose of robot control and picture taking. The displayed live image, that shows the actually crossed surface, eases the precise movement towards monitored places, even under construction site conditions.

Titel | Title

Entwicklung eines kletterfähigen Roboters an linearen Führungen zur Bauwerksinspektion | *Development of a climbing robot at linear guidances for building monitoring*

Förderer | Funding

BMW; PT: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF)

Zeitraum | Period

09.2012 – 11.2014

Leiter | Project Manager

Enrico Lorenz M.Sc

Bearbeiter | Contributors

Dr.-Ing. Thoralf Schober

Projektpartner | Project Partner

Fertigungs- und Automatisierungstechnik GmbH
Dresden

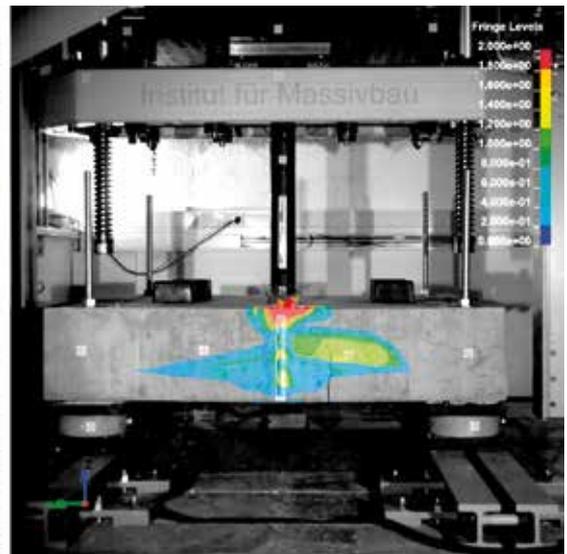
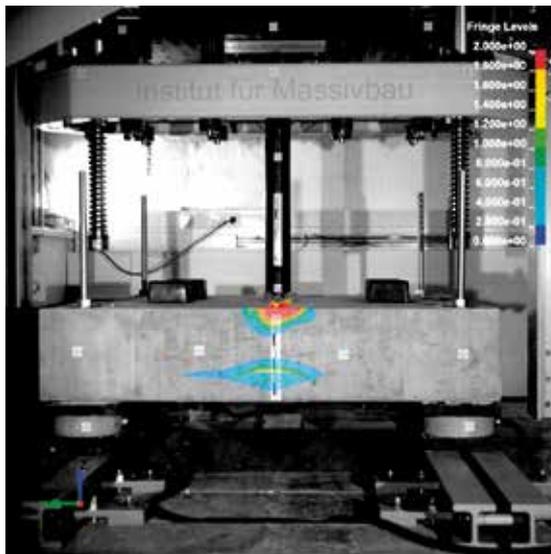
Simulation von Beton unter hohen Dehnraten

Beton verhält sich unter dynamischer Belastung anders als unter statischer. Als wesentliche stoffliche Ursache hierfür vermutet man dabei innere Transporteffekte bei relativ niedrigen Belastungsgeschwindigkeiten und Trägheitseffekte bei der Bildung von Rissen bei höheren Geschwindigkeiten. Andere Forscher wiederum sehen Fehler bei der messtechnischen Erfassung dieser Effekte und der sauberen Trennung von stofflichen und strukturellen Phänomenen als wesentliche Ursache für einen vermeintlichen Effekt.

Um solche und ähnliche Fragen numerisch auch an größeren Bauteilen untersuchen zu können, werden in diesem Kooperationsprojekt vielfältige Versuche zur Ermittlung von dynamischen Werkstoffkennwerten und hochdynamische Plattenaufprallversuche durchgeführt. Die numerische Simulation dieser Referenzversuche soll abbilden, was im Inneren eines Betonbauteils passiert und wie sich die Spannungen infolge einer dynamischen Belastung örtlich und zeitlich ändern. Wichtig ist dies beispielsweise bei der Untersuchung von Anprallereignissen auf Bauteile jeglicher Art.

Bei kleinteiligen Drucktests im Split-Hopkinson-Bar erhält man beispielsweise Spannungs-Dehnungs-Linien, aus denen man einen Zusammenhang zwischen Dehnrate und mittlerer Dehnung bis zum Bruch ableiten kann. Die Versuche zeigen einen deutlichen Anstieg der Festigkeit über der Dehnrate. Es lässt sich ein linearer Zusammenhang vermuten. Auch weiterer Werkstoffkenngrößen sind von der Belastungsgeschwindigkeit abhängig, was aber derzeit noch weiter untersucht wird.

Neben den Tests werden numerische Simulationen durchgeführt, in denen neben statischen Werkstoffannahmen beide oben genannten physikalischen Einflüsse berücksichtigt werden. Der umfassende Vergleich der berechneten und experimentell gewonnenen Daten aus den Plattenversuchen steht noch aus, allerdings lassen die bisherigen Vergleiche auf eine sehr gute numerische Abbildung der Phänomene Impact und Spallation schließen.



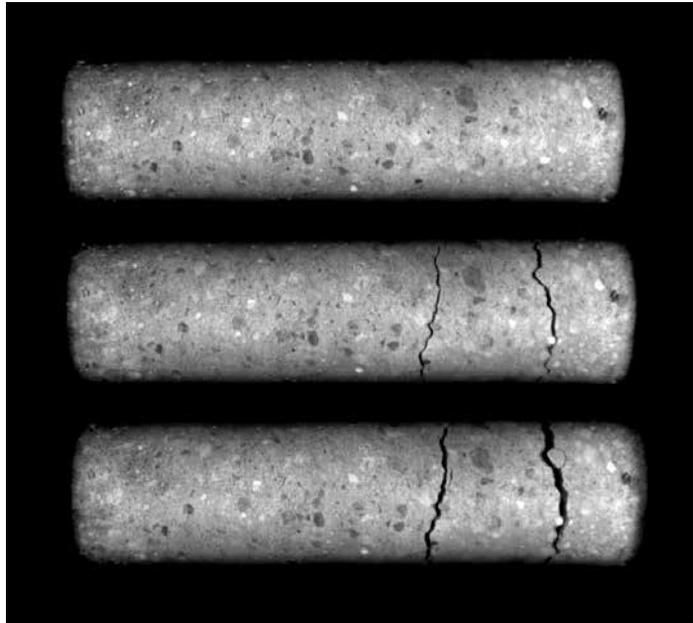
Experiment eines Plattenaufprallversuches mit überlagerten rechnerisch bestimmten Schädigungsbereichen zu verschiedenen Zeitpunkten

*Experimental observed failure patterns and numerical results at different times
Simulation: Tiono Kühn; Photos: OML*

Simulation of concrete under high strain rates

Concrete behaves under dynamic loads distinctly than under static loads. As essential reasons for this, internal load transfer effects at relatively low loading rates and inertial effects in the formation of cracks at higher speeds, are proposed. Other researchers assume that methodical errors in the measuring procedure of these effects and difficulties to clearly separate material and structural phenomena are an essential cause of this alleged effect.

These and similar questions can be investigated numerically on larger components. This is the reason why in this project various methods are joined to determine the characteristic dynamic material parameters, and to carry out high dynamic plate impact experiments. The numerical simulations of these reference tests intended to reflect what happens inside a concrete component, and how the stresses change inside the component in space and time due to dynamic loading. This is important, for example, in the study of impact events on structural components of any kind.



Dynamische Zugfestigkeiten werden in Spallationsversuchen bestimmt
Dynamic tensile strengths are determined in spallation tests Photos: Evmorfia Panteki

In small-scale tests in the split Hopkinson pressure bar, it has been obtained, for example, stress-strain curves, from which one can derive a relationship between strain rate and average strain to failure. The experiments show a significant increase in strength over the strain rate. It suggests a linear relationship. Also, other material parameters are dependent on the loading rate, which will be further investigated.

Besides these tests, numerical simulations are carried out, where in addition to static material assumptions, both physical effects mentioned above are taken into account.

The comprehensive comparison of the calculated and the experimental data obtained from the plate tests is being developed. However, recent comparisons indicate very good numerical correlation of the phenomena including impact and spallation.

Titel | Title

Impakt auf Stahlbetonstrukturen | *Impact on reinforced concrete structures*

Förderer | Funding

Deutsche Forschungsgemeinschaft DFG

Zeitraum | Period

07.2013 – 06.2016

Leiter | Project Manager

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

Bearbeiter | Contributors

Tino Kühn M.Sc.

Projektpartner | Project Partner

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

Stahlbetonplatten unter stoßartiger Belastung

Stahlbetonplatten kommen üblicherweise in Form von Decken, Flachdächern oder auch als befahrbarer Teil von Brücken zum Einsatz. Dabei werden sie im Normalfall statisch beansprucht, was bedeutet, dass die Lasten in gemäßigttem Tempo aufgebracht werden, beispielsweise in Form von Möbeln auf Geschossdecken oder auch von Fahrzeugen auf Brücken. Neben diesen üblichen Beanspruchungen können aber auch in Ausnahmefällen extreme Lasten auftreten, welche sich neben deutlich höheren Absolutwerten oft auch durch eine höhere Belastungsgeschwindigkeit von den „normalen“ Lasten unterscheiden. Beispiele hierfür sind Erdbeben, Fahrzeuganprall oder auch herabstürzende Felsblöcke im Gebirge. Insbesondere der Lastfall An- oder Aufprall von Objekten mit hoher Geschwindigkeit führt zu extremen stoßartigen Beanspruchungen von Bauteilen oder Bauwerken in einem sehr kurzen Zeitraum.

Um beispielsweise Platten gegen solche Arten der Beanspruchung ausreichend widerstandsfähig ausbilden zu können, ist es erforderlich, das Verhalten dieser Bauteile unter den beschriebenen Bedingungen zu kennen. Dazu werden aktuell über 50 Platten in einem Fallturm getestet. Bei diesen Tests wird ein Impaktor mit einer Masse

zwischen 600 kg und 1500 kg aus verschiedenen Höhen zwischen einem und vier Metern definiert auf Platten verschiedener Geometrie und Tragfähigkeit fallen gelassen. Für die Auswertung sind dabei die wirkenden Kräfte sowie die auftretenden Verformungen und Schädigungen von Interesse.

Erste Ergebnisse liegen vor. Wie erwartet, nimmt beispielsweise mit zunehmender Fallhöhe und Fallmasse die Schädigung der Platten zu. Jedoch nimmt ab einer gewissen Kombination aus Höhe und Masse gleichzeitig die maximale Durchbiegung des nicht zerstörten Teiles der Versuchsplatte ab. Ursache ist ein veränderter Versagensmechanismus. Bei geringeren Beanspruchungen wird die Platte primär auf Biegung beansprucht, wohingegen mit zunehmender Fallhöhe oder Fallmasse das Durchstanzen der Platte in den Vordergrund tritt.

Zum Abschluss des Projektes soll es dann möglich sein, anhand der gewonnenen Erkenntnisse das Verhalten von Stahlbetonplatten bei ähnlichen Belastungsverhältnissen vorherzusagen, um sie somit im Umkehrschluss ausreichend tragsicher konzipieren zu können.



Platte nach einem Fallversuch,
Ansicht der Oberseite mit nur
einem kleinen Loch...

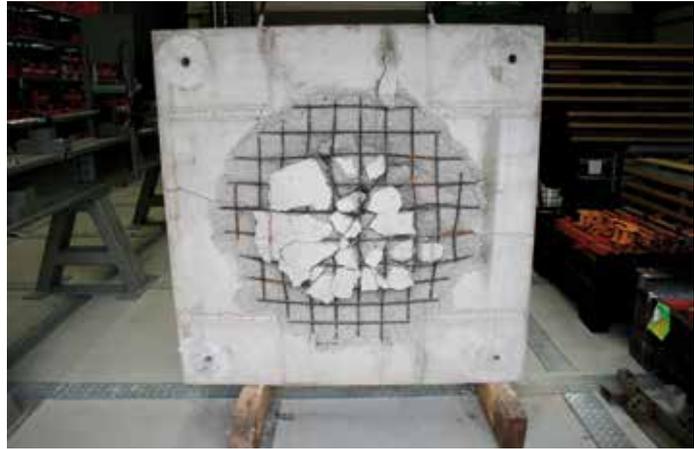
*Slab after the experiment.
Upper side, with only a small
punching hole visible...*

Photo: Sandra Decker

Reinforced concrete slabs under impact loading

Reinforced concrete slabs are usually used for ceilings, flat roofs or in bridges, for example as bridge decks. They are normally stressed statically, which means that the loads are applied in a moderate pace. Examples are furniture on floors, or even vehicles on bridges (a controlling load on bridges is that caused by a "traffic jam"). In addition to these usual stresses, in exceptional cases, extreme loads can occur, which differ not only by significantly higher absolute values, but also often by a higher loading rate than "normal" loads. Examples include earthquakes, vehicle impact or falling rocks in the mountains. In particular, the impact of objects at high speed leads to extreme impulse stresses of components or structures in a very short period of time.

In order to design slabs that are sufficiently resistant against such kind of stresses, it is necessary to know the behaviour of these components under the conditions described. Therefore, more than 50 plates are currently tested in a drop tower at our institute. In these tests, an impactor with a mass varying from 600 kg to 1500 kg falls from



...und einem großen Ausbruchkegel auf der Unterseite

...but a big punching cone at the bottom side

Photo: Sandra Decker

heights ranging between one to four meters on plates with different geometry and load capacity. Here, the acting forces as well as the deformation and damage occurring present interesting features to this evaluation.

First results are available. As expected, for example, the damage of the plates increases with increasing drop height and falling mass. However, at a certain combination of height and weight, the maximum deflection at the part of the test plate that is not destroyed decreases. This is caused by a change in the failure mechanism. At lower stresses, the plate is primarily subjected to bending, whereas with increasing force (caused by increasing drop height or mass), the punching of the plate is the main failure mechanism.

At the end of the project, it should be possible to predict the behaviour of reinforced concrete slabs under similar loading conditions, on the basis of these findings. Conversely, this will allow to design slabs with sufficient load bearing capacity.

The presented project was funded by the German Federal Ministry of Economic Affairs and Energy (BMW*i*, project no. 1501438) on basis of a decision by the German Bundestag.

Titel | Title

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

Förderer | Funding

BMW*i*; PT: Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) gGmbH

Zeitraum | Period

07.2012 – 12.2014

Leiter | Project Manager

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

Bearbeiter | Contributors

Martin Just M.Sc.

Projektpartner | Project Partner

BAM – Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung

Wann ist Beton wirklich kaputt?

Betrachtet man den Beton, beispielsweise bei einaxialen statischen Druckversuchen, so scheint sich diese Frage sehr einfach und eindeutig beantworten zu lassen: wenn man es krachen hört, ist der Beton zerstört. Je nachdem, wie spröde der geprüfte Beton ist, versagt er mehr oder minder plötzlich, wenn die maximal ertragbare Last bzw. Spannung erreicht ist. Das zeigt sich auch in einer deutlichen Rissbildung am Probekörper und einem abfallenden Ast in der Last-Verformungs-Kurve. Doch was im statischen Fall klar erscheint, ist unter einer dynamischen Belastung nicht mehr eindeutig.

Am Institut für Massivbau werden bereits seit mehreren Jahren dynamische Impaktversuche an verschiedenen Betonen in einem ein- und einem zweiaxialen Split-Hopkinson-Bar durchgeführt. Bei diesen Versuchen wird die Last sehr schnell innerhalb von 20 bis 30 μs auf den Probekörper aufgebracht. Diese hochdynamische Belastung hat zur Folge, dass die Probe auch nach Überschreiten der Betonfestigkeit und damit einsetzendem Risswachstum eine weitere Laststeigerung erfährt, bis sie wenige Mikrosekunden später endgültig fragmentiert ist. Die Gründe für diese verzögerte Schädigung sind vor allem die Reibung und die Massenträgheit der Rissufer

und eine dadurch begrenzte Rissausbreitungsgeschwindigkeit.

Bei den zweiaxialen dynamischen Betondruckversuchen kann aus diesem Phänomen und der Zeitdifferenz zwischen dem Eintreffen des ersten und zweiten Lastimpulses die Art der Beanspruchung abgeleitet werden. Bei Versuchen mit einer Zeitdifferenz von weniger als 20 μs zwischen den beiden belastenden Druckimpulsen bildet sich ein zweiaxialer Spannungszustand aus, woraus ein höherer Materialwiderstand der Probe resultiert. Für Versuche mit einer Zeitdifferenz von 20 bis 400 μs durchläuft zuerst der Lastimpuls aus der früheren Achse den Probekörper mit einem Spannungmaximum, welches die Probe bereits bis zum Versagen belastet. Auf Grund der begrenzten Rissausbreitungsgeschwindigkeit und der Trägheit des Materials ist der Probekörper jedoch noch nicht endgültig fragmentiert, wenn die Last in der zweiten Belastungsrichtung verzögert eintrifft. Das heißt, auch nachdem die Festigkeit des Betons schon einmal überschritten wurde und die Probe damit zerstört sein sollte, kann innerhalb von 400 μs direkt nach dem ersten Kraftimpuls immer noch eine verbleibende Querfestigkeit der Probe festgestellt werden.



Beton versagt bei einem einaxialen statischen Druckversuch
Concrete failure in a uniaxial static compression test
Photo: Matthias Quast

When is concrete really broken?

Looking at concrete, for example, in uniaxial static compression tests, this question seems to be easily and clearly answered: when you hear it crack, the concrete has been destroyed. Depending on how brittle the tested concrete is, it fails more or less suddenly when the maximum bearable load or stress is reached. This is also reflected by significant cracking in the specimen and a descending branch in the load deformation curve. But what seems so clear in the static case, is no longer so clear under a dynamic load.



Betonreste nach dem Versagen im zweiaxialen Split-Hopkinson-Bar

Remains of concrete after failure in a biaxial split-Hopkinson bar

Photo: Matthias Quast

For several years dynamic impact trials were performed in a one- and two-axial split-Hopkinson bar on various concretes at our institute. In these tests, the load was applied on the specimen very quickly, within 20 to 30 microseconds. This highly dynamic loading has the effect that the sample is subject to a further increase in load, which occurs after exceeding the concrete strength and after starting of the crack propagation, until the specimen is finally fragmented few microseconds later. The reasons for this delayed damage are the friction and the inertia of the crack's faces and the thereby limited crack velocity.

In the two-axial dynamic compression tests, the type of loading can be derived from this phenomenon and from the time difference between the arrival of the first and second load pulse. In trials with a time difference of less than 20 microseconds between the two loading pressure pulses, a biaxial state of stress is formed, from which a higher material resistance of the sample results. For tests with a time difference of 20 to 400 microseconds, the load pulse from the earlier axis passes first through the specimen reaching a maximum stress, which already loads the sample to failure. Due to the limited crack velocity and the inertia of the material, the specimen is not fragmented completely when the delayed impulse in the second direction of loading arrives. This means that even after the strength of the concrete has already been exceeded, at which the sample should have been destroyed, a remaining transverse strength of the sample can be found within 400 microseconds after the first loading pulse.

The presented project was funded by the German Federal Ministry of Economic Affairs and Energy (BMW*i*, project no. 1501483) on basis of a decision by the German Bundestag.

Titel | Title

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

Förderer | Funding

BMW*i*; PT: Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) gGmbH

Zeitraum | Period

10.2014 – 09.2017

Leiter | Project Manager

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

Bearbeiter | Contributors

Dipl.-Ing. Matthias Quast

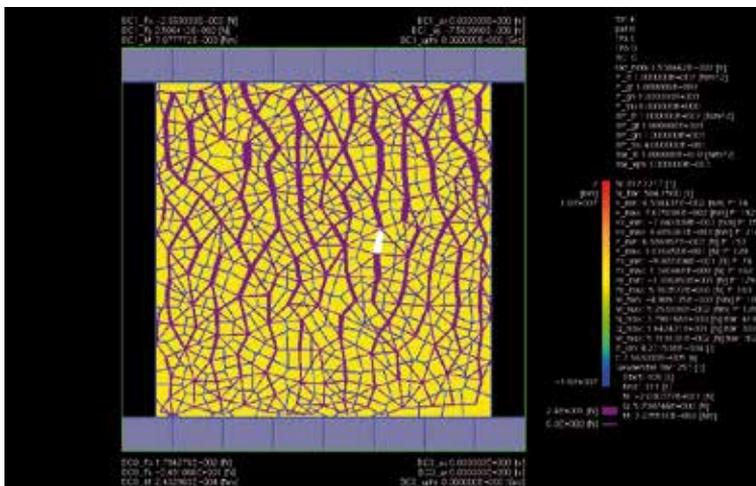
DEM 2D – Bruchphänomene im Beton

Um die Tragsicherheit von Bauteilen in der Bau- praxis zu gewährleisten, muss stets ein ausrei- chend großer Sicherheitsabstand zum Versagens- punkt eingehalten sein. Demgegenüber ist es in der Grundlagenforschung von Interesse, in Expe- rimenten oder numerischen Simulationen gezielt den Versagenspunkt zu untersuchen. Wann entstehen Mikrorisse? Wie entwickeln sich diese weiter zu Makrorissen? Wie gleichmäßig oder ungleichmäßig verläuft die Schädigungsentwick- lung? Wie stark kann die Last nach begonnener Schädigung bis zum vollständigen Versagen noch gesteigert werden? Welches Riss- bzw. Bruchbild weist der Betonprobekörper bei vollständigem Versagen auf? Welche Schädigungsmechani- men laufen ab und können bereits zu Beginn der Schädigungsentwicklung Aussagen über deren weiteren Verlauf getroffen werden? – Um solche und ähnliche Fragestellungen beantworten zu können, wird das Betonbruchverhalten in einer zweidimensionalen numerischen Simulation auf Grundlage der Diskrete-Elemente-Methode (DEM) untersucht. Ein weiteres Ziel ist, die Anwendbarkeit solcher Simulationen zu verallge- meinern.

Konkret wird ein Betonkörper durch ein Ensemble einzelner (diskreter) Partikel beschrieben. Diese Partikel können sich kinematisch unabhängig voneinander bewegen. Wenn zwei Partikel zusammenstoßen und sich in einer gedachten Überlappungsfläche durchdringen, wird daraus eine Rückstoßkraft berechnet. Durch die Inter-

aktion aller Partikel des Ensembles werden auf diese Weise Druckkräfte von der Belastungs- platte bis zur Auflagerplatte übertragen. Solch eine Modellierung ist für die Beschreibung von spröden und vorrangig druckbeanspruchten Ma- terialien wie Beton sinnvoll. Um ergänzend zu den Kontakt-Druckkräften auch Kohäsions-Zugkräfte modellieren zu können, wird ein zusätzliches Netz von Federn bzw. Stäben modelliert. Diese Stäbe können wahlweise Normalkräfte oder Normalkräf- te und Biegung übertragen.

In der Simulation kann der grundsätzliche Kraft- fluss im Probekörper anhand unterschiedlich dick dargestellter Stäbe sichtbar gemacht werden. Die Dicke der Stäbe steht für die Kraftgröße in ihnen. Gerade zu Beginn einer Belastung kann z. B. gezeigt werden, dass zu einem sehr frühen Belastungszeitpunkt der Kraftfluss, ausgehend von der Lastplatte, noch nicht vollständig die Auf- lagerplatte erreicht hat. Auch machen während der simulierten Belastungssteigerung gerissene Kohäsionsstäbe das spätere Riss- und Versagens- muster bereits zu einem früheren Belastungszeit- punkt sichtbar.



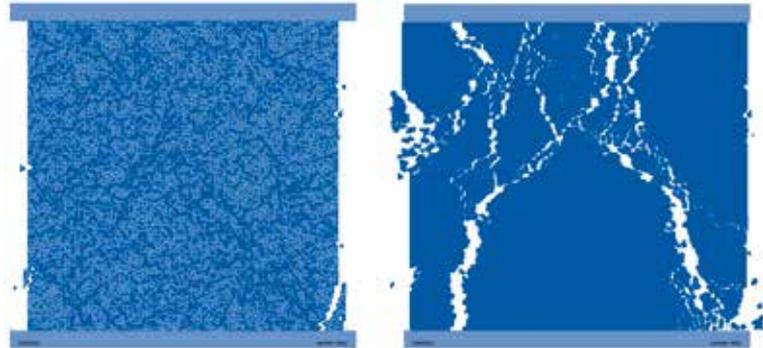
Kraftfluss in einem Beton- probekörper von der Last- platte zum Auflager zu Beginn der Belastung

*Force distribution from the loading plate to the supporting plate at a low load level
Graphic: Birgit Beckmann*

DEM 2D – Fracture phenomena in concrete

To guarantee the safety and load bearing capacity of constructions in building practice, a sufficient margin always needs to be considered. In contrast, the point of failure and fracture in experiments or numerical simulations is specifically targeted in basic research. When do micro-cracks arise? How do they increase up to macro-cracks? How homogeneous or heterogeneous does the damage evolution proceed? To what amount can the load still be increased from the point of damage initiation to that of entire failure? What kind of crack pattern or failure pattern shows a concrete specimen at total collapse? Which damage mechanisms can be identified? Can the effects of the damage evolution be already seen at its beginning or initiation? – In order to answer such or similar questions the concrete failure behaviour is investigated using a two-dimensional numerical simulation based on the discrete element method (DEM). Another aim of this approach is to generalize the applicability of such simulations.

In fact, the concrete specimen is represented by an ensemble of discrete particles. The particles can dynamically move independently from each other. When two particles collide and penetrate each other in an assumed overlap area, a repul-



Intakte Kohäsionsstäbe (hellblau) und gerissene Kohäsionsstäbe (dunkelblau) zeigen bereits vorab (links) spätere Makrorissentwicklung im Nachbruchverhalten (rechts) an

Intact cohesion bars (light blue) and broken cohesion bars (dark blue) show in advance (left) the later evolution of macro-cracks during post-peak behaviour (right) Graphic: Birgit Beckmann

sive force is calculated based on this overlap area. In doing so and taking into account the interaction of all particles of the ensemble, compressive forces are transmitted from the loading plate to the support plate. Such a numerical model is useful for the description of brittle materials under mostly compressive load, as is the case for concrete. In order to describe tensile cohesion forces beside the mentioned compressive contact forces, an additional lattice of springs or bars is modelled. These bars can optionally transmit normal forces or normal forces and bending loads.

In the simulation, the principal force flow within the concrete specimen can be depicted by means of bars of different thickness. The thickness of the bars represents the amount of force of the respective bar. Especially at the beginning of the loading procedure, it can be shown that the force flow, originating from the loading plate, has not completely reached the supporting plate at an early loading point. Furthermore, the broken cohesion bars show the later crack and failure pattern which was already observed at an earlier point in time during the loading increase.

Titel | Title

Simulation des Betonbruchverhaltens mit diskreten Elementen | Simulation of concrete failure with discrete elements

Förderer | Funding

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG – Zukunftskonzept TU Dresden)

Zeitraum | Period

10.2013 – 09.2016

Leiter | Project Manager

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

Bearbeiter | Contributors

Dr.-Ing. Birgit Beckmann

Beton unter Strom

Der Wind weht im Norden, die Industrie befindet sich im Süden – der Umstieg auf erneuerbare Energien erfordert eine Anpassung des Stromnetzes in Deutschland. Die nötigen Stromtrassen beeinflussen das Landschaftsbild und haben einen enormen Raumbedarf. Um diesen gering zu halten, werden aktuell kompakte Höchstspannungsmasten entwickelt. Statt der raumgreifenden Stahlgittermasten kommen Schleuderbetonmasten aus ultrahochfestem Beton (UHPC) zum Einsatz und die Leiterseile werden so dicht wie möglich angeordnet. So kann die Trassenbreite auf etwa die Hälfte, die benötigte Gründungsfläche auf ein Zehntel reduziert werden.

Allerdings gilt es manches zu klären, bevor mit diesen Masten gebaut werden kann. Wie sieht die optimale Mastgeometrie aus, damit die Leiterseile dem Boden nicht zu nahe kommen, die Trasse auch um Kurven geführt werden kann und alle Lasten sicher aufgenommen werden? Wie müssen die Isolatoren aufgebaut sein, die die Leiterseile voneinander trennen? Welcher UHPC genügt den technologischen Anforderungen an Schleuderbeton und erreicht gleichzeitig die erforderlichen Festbetoneigenschaften? Wie wird der Mast gegründet, wie werden die Mastsegmente verbunden und wie ist die Tragfähigkeit?

An der TU Dresden wird geprüft, wie groß der elektrische Widerstand von UHPC ist: Ist er ein Leiter oder ein Isolator? Wie ändert sich der Widerstand, wenn es regnet und die Oberfläche verschmutzt ist? Was passiert im Beton, in der Bewehrung oder mit dem Verbund, wenn bei Blitzschlag oder Kurzschluss der Strom einen Weg durch den Beton in die Bewehrung findet? Und haben die magnetischen Felder der Leiterseile einen Einfluss, schaden die induzierten Ströme in der Bewehrung oder die Erwärmung auf Dauer den Materialien?

Erste Versuche zeigen, dass Beton den Isolatoren zugeordnet werden kann, allerdings bei weitem nicht die Werte von Keramik erreicht. Außerdem wurden erste Auszugversuche nach vorangegangener thermischer Beanspruchung durchgeführt. Realitätsnah wurde die Probe über die Bewehrung erwärmt, indem an den Stahl ein Strom von 155 A angelegt wurde. Über 700-mal wurden die Probekörper auf 80 °C erhitzt und wieder auf Raumtemperatur abgekühlt. Die anschließenden Auszugversuche zeigten keine signifikanten Unterschiede zu nicht vorbelasteten Vergleichsproben. Die bisher durchgeführten Versuche zeigen insgesamt keinerlei Ergebnisse, die den Einsatz von UHPC in Höchstspannungsmasten in Frage stellen.



Auszugversuch
Pull-out test
Photo: Stephanie Priemer

Energized concrete

The wind blows in the north, but much of the industry is in the south – Germany's change to renewable energy requires the adjustment of the electric power transmission. The required power grid has a great impact on the landscape; it also takes up a lot of space. With the aim of keeping the required space as low as possible, compact high-voltage pylons are currently developed. Lattice towers are replaced by spun concrete masts made of ultra-high performance concrete (UHPC). The power lines are positioned as close as possible to each other, in such a manner that the width of the power grid can almost be reduced by half. The required space for the foundations is then only a tenth.

However, some things have to be clarified before these masts can be built. What is the optimum mast geometry so that the power lines don't touch the ground and all loads can be safely absorbed? How should the insulators, which separate the power lines from each other, be constructed? Which UHPC has all the technological characteristics which are required for the centrifu-



Reihenschaltung von sechs Auszugprobekörpern
Series connection of six pull-out specimens
Photo: Stephanie Priemer

gation process and – at the same time – all the characteristics which are required for ultimate and serviceability limit state? There are still questions about the foundation, the connection of the elements and the carrying capacity.

Scientists at TU Dresden are testing the electrical resistance of UHPC: is it a conductor or an insulator? How does the resistance change when it rains or the mast's surface is dirty? What happens in the composite material in case of a lightning strike or a short circuit? Do the magnetic fields of the power lines have an influence? Does the induced current in the reinforcement or the induced heating damage the materials after some time?

First tests revealed that concrete is an insulator although by far not comparable with the values of ceramics. Apart from this, first pull-out tests, following thermal stressing, were conducted. In a realistic setting, the sample was heated to 80 °C by applying a current of 155 A to the steel reinforcement and then it was left to cool down to room temperature again, altogether more than 700 times. In subsequent pull-out tests we didn't get any significantly different results compared to samples which had not been pre-treated. Overall, results from the tests conducted show so far no evidence which might question the suitability of the use of UHPC in high-voltage pylons.

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 parameter as well as on electrical endurance of reinforced UHPC

Förderer | Funding

BMW; Projektträger: Forschungszentrum Jülich GmbH

Zeitraum | Period

10.2013 – 09.2015

Leiter | Project Manager

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

Bearbeiter | Contributors

Dr.-Ing. Kerstin Speck

Projektpartner | Project Partner

IEEH der TU Dresden | Europoles GmbH & Co. KG | LAPP Insulators GmbH | Fichtner GmbH & Co. KG | IBBM der TU Braunschweig | Versuchsanstalt für Stahl, Holz & Steine im KIT

Verbund zwischen Beton und Bewehrungsstahl unter dynamischer Belastung

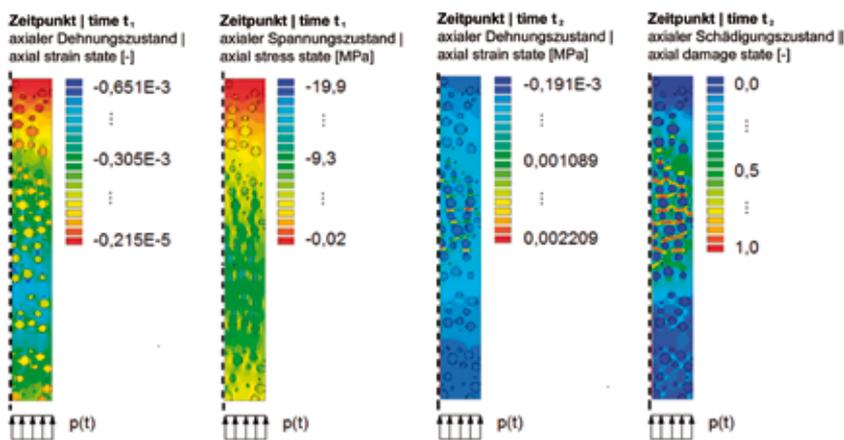
Sowohl für Beton als auch für Stahl wurden bei zahlreichen Experimenten unter dynamischer Belastung Festigkeiten gemessen, die die statischen Werte auffallend übertreffen. Unter Ausnutzung dessen könnte zukünftig das Bemessungskonzept für impaktgefährdete Gebäudestrukturen noch wirtschaftlicher gestaltet werden. Bevor jedoch dazu übergegangen werden kann, muss sichergestellt werden, dass Beton und Stahl auch im Zusammenspiel den entsprechenden Beanspruchungen standhalten können.

Ziel des Forschungsprojektes ist es, dies zu untersuchen und den Mechanismen des Verbundes auf den Grund zu gehen. Das Vorhaben umfasst dazu sowohl ein umfassendes experimentelles Versuchsprogramm als auch einen numerischen Teil. Dieser soll mit einer räumlich und zeitlich veränderlichen Abbildung der Vorgänge dem tieferen Verständnis der Effekte dienen, die im Experiment beobachtet werden.

Dieses Projekt baut auf vorangegangenen Arbeiten bspw. zum Verbundverhalten oder zum Verhalten von unbewehrtem Beton bei Tests im einaxialen Split-Hopkinson-Bar auf. Der Schwerpunkt der bisherigen dynamischen Untersuchungen lag auf dem sogenannten Dehnrateneffekt und hier auf der Abgrenzung des Beitrags von

materiellen und strukturellen Eigenschaften von Betonproben an der Festigkeitssteigerung. Dafür basierten die Simulationen auf rein statischen Annahmen. Das hinterlegte Werkstoffgesetz wies konsequent keinerlei Abhängigkeit von der Dehnrate auf und ließ mögliche physikalische Ursachen unberücksichtigt. Experimentelles Vorbild der Simulationen waren Split-Hopkinson-Bar-Versuche bei verschiedenen Belastungsgeschwindigkeiten und Betonzusammensetzungen. Dabei lieferte die Auswertung der numerischen Daten anhand des üblichen Verfahrens auch hier Festigkeiten, die zum Teil etwas höher waren als die angenommenen statischen Werte. Es stellte sich heraus, dass die starke Nichtlinearität des Beton-Stoffgesetzes hierbei eine wichtige Rolle spielt, da sie die longitudinale Wellenausbreitung stark mitbestimmt. In Visualisierungen ist der Einfluss der Nichtlinearität gut zu erkennen, da die Dehnungen zum gleichen Zeitpunkt wie die Spannungen viel stärkere Lokalisierungen aufweisen.

Auf den aktuellen Ergebnissen aufbauend lässt sich für die Mechanismen der Verbundtragwirkung die Beantwortung vieler noch offener Fragen erhoffen. Neue Erkenntnisse erhoffen wir uns auch aus den demnächst beginnenden experimentellen Untersuchungen.



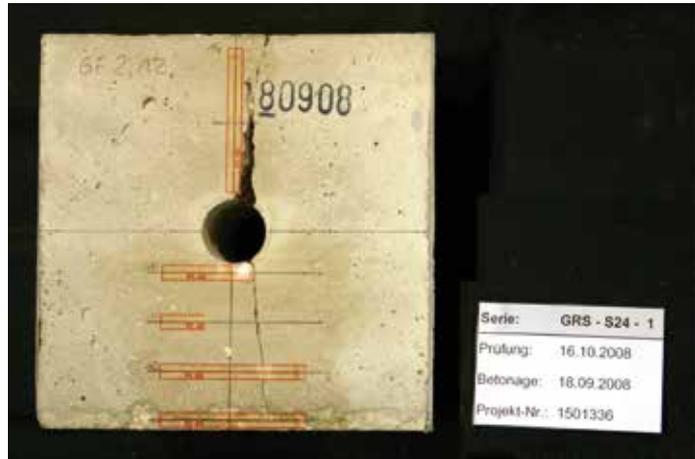
Simulation einer Betonprobe im Druckversuch im Split-Hopkinson-Bar
Simulation of a concrete specimen in a compression test in the split-Hopkinson bar
 Simulation: Evmorfia Panteki

Bond between concrete and reinforcing steel-bars under high loading rates

As numerous experiments under dynamic loading have shown, both concrete and steel exhibit strengths that surpass by far the static values. Taking advantage of this could make the future design concept for impact endangered structures even more economic. Before this happens, it must be ensured that the bond between concrete and steel can also withstand the corresponding loads.

The aim of this research project is to investigate this and explore the bond mechanisms in more depth. The project includes both a comprehensive experimental test program and a numerical part. With a time- and space-dependent modeling of the processes, the numeric part shall lead to a deeper understanding of the effects observed in the experiment.

The project builds upon previous work relating e.g. the bond behaviour or the behaviour of plain concrete in tests in the uniaxial split-Hopkinson bar. The focus of previous dynamic studies was on the so-called strain rate effect and specifically on the determination of the contribution of the material and the structural properties of concrete samples to the increase in strength. For this purpose, the simulations were based on purely static



Prüfkörper nach einem statischen Auszugversuch aus einem vorangegangenen Projekt

Specimen after a static pull-out test from a previous project
Photo: OML

assumptions. The implemented constitutive law consistently had no dependencies on the strain rate and disregarded possible physical causes. Experimental models of the simulations were split-Hopkinson bar experiments at various loading rates and concrete mixtures. The evaluation of the numerical data according to the conventional method also resulted in strength values, which were partly somewhat higher than the assumed static values. It turned out, that the strong non-linearity of the concrete constitutive law plays an important role, as it has a great influence over the longitudinal wave propagation. Visualizations depict clearly the influence of the nonlinearity since at the same time strains localize much stronger than stresses.

The current results offer reasons to hope for many still outstanding answers regarding the bond mechanisms. We also hope for new insights resulting from the soon to begin experimental investigations.

The presented project was funded by the German Federal Ministry of Economic Affairs and Energy (BMW_i, project no. 1501486) on basis of a decision by the German Bundestag.

Titel | Title

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

Förderer | Funding

BMW_i; PT: Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) gGmbH

Zeitraum | Period

10.2014 – 09.2017

Leiter | Project Manager

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

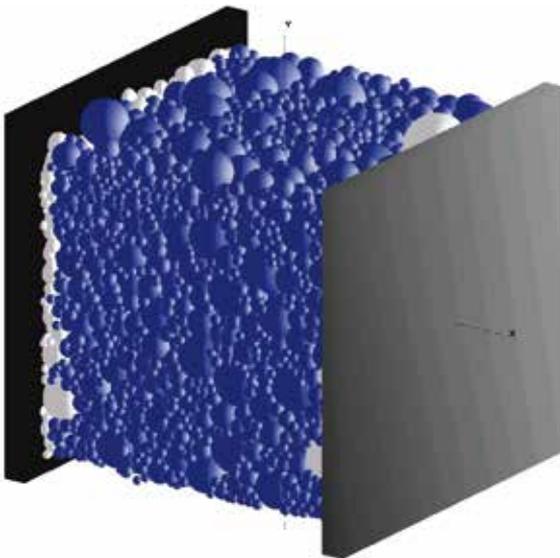
Diskrete-Elemente-Simulationen: (Dis-)Kontinuum inbegriffen

Komplexe statische und dynamische Berechnungen bilden mittlerweile einen unverzichtbaren Bestandteil beim Entwurf von Massivbaukonstruktionen. Dabei kommen erprobte, leistungsfähige Computerprogramme zum Einsatz, in denen in der Regel kontinuumsbasierte Materialmodelle implementiert sind, also Materialmodelle, die dem Material zunächst die Gültigkeit der Gesetze der Kontinuumsmechanik unterstellen.

Das Material (Stahl-)Beton stellt diese Programme vor besondere Herausforderungen. Nicht nur handelt es sich bei der Komponente Beton um einen hochgradig heterogenen Baustoff. In den allermeisten Fällen ist es auch nötig, ihn zu bewehren, denn er neigt bereits im Zustand der Gebrauchstauglichkeit zur Rissbildung. Risse – oder eben: Diskontinuitäten – aber widersprechen den genannten kontinuumsbasierten Ansätzen und müssen in geeigneter Weise in diese eingearbeitet oder ihnen hinzugefügt werden. Hierbei kommen zum Beispiel spezielle Kontakt- oder Risselemente zur Anwendung, deren Wirkungsmechanismen in aufwändiger Weise durch theoretische Überlegungen und experimentelle Ergebnisse gewonnen werden müssen, und die ihrem Wesen nach das Materialverhalten „nur“ abbilden können.

Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wird versucht, das Materialverhalten von Beton im numerischen Experiment nicht nur abbilden zu können, sondern sein Schädigungsverhalten gleichsam entdecken und beobachten zu können. Diskrete-Elemente-Simulationen (auch: Mehrkörpersimulationen, Vielteilchensimulationen oder Partikelsimulationen) verzichten auf den Umweg über das meist ohnehin nicht vorhandene Kontinuum und basieren unmittelbar auf räumlich diskretisierten Strukturen. Risse, also Diskontinuitäten, stellen dabei kein hinzuzufügendes Feature dar, sondern äußern sich einfach durch die stoffliche Trennung vormals miteinander verbundener Teilchen – das Diskontinuum ist im Modell also inbegriffen. Sollte das Material sich allerdings dazu entschließen, nicht zu versagen, so ist auch dies im Modell enthalten. Kontinuierliches Materialverhalten ist eine echte Teilmenge des in der Regel komplizierteren Materialverhaltens: (Dis-)Kontinuum inbegriffen.

In diesem Jahr standen insbesondere Aspekte der numerischen Qualität sowie der qualitativen und quantitativen Vergleichbarkeit von Experiment und Simulationsergebnissen im Mittelpunkt.



Quasikontinuum“: Ein virtueller Probekörper, vorbereitet für den einaxialen Druck- oder Zugversuch. Starke kohäsive Verbindungen zwischen benachbarten Zuschlagkörnern sorgen für Formstabilität und Festigkeit.

Quasicontinuum: A virtual specimen, prepared for compressive or tensile loading. Strong cohesive interaction forces between adjacent particles cause form stability and strength.

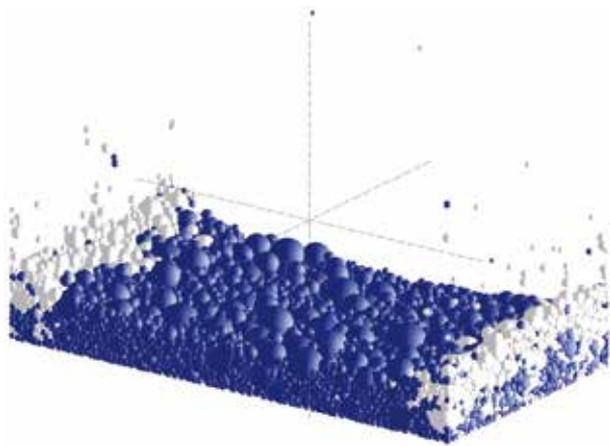
Graphic: Dirk Reischl

Discrete element simulations: (dis-)continuum included

The design of buildings in massive construction requires a great number of complex static and dynamic computations. In order to manage the computational effort, sophisticated, tried-and-tested computer programs are used. These programs usually implement continuum-based models to describe the material behaviour, i. e. models which assume that the laws of continuum mechanics apply to the material's behaviour and failure mechanisms.

Concrete and reinforced concrete are especially challenging materials with respect to such continuum-based approaches. Not only is concrete an extremely heterogeneous material by itself, but in most applications concrete needs to be reinforced because of its tendency to crack under tensile stress. Cracks, on the other hand, cannot easily be simulated by continuum-based models of material behaviour, since on principle, they have to be treated as discontinuities. Additional theoretical considerations and programming efforts are necessary to provide those models with more or less realistic damage behaviour, which primarily, will only be able to replicate the experimental results that are used for calibration.

The aim of this research project is to perform numerical experiments by means of 3-dimensional discrete element simulations in order not only to replicate, but even to explore and to observe con-



Diskontinuum: Derselbe Probekörper nach dem Lösen aller kohäsiven Verbindungen. Das virtuelle Zuschlagmaterial verliert jegliche Formstabilität und verhält sich stattdessen wie Schüttgut.

Discontinuum: The same virtual specimen as before, after all cohesive interaction force have been set to zero. The specimen loses stability and behaves like granular matter, instead. Graphic: Dirk Reischl

crete's and reinforced concrete's material behaviour and failure mechanisms. DEM simulations (also: many-body simulations, particle simulations) avoid to take the long way round through continuum mechanics and deal in a straightforward manner with spatially discretized structures and substructures. Cracks, i. e. discontinuities, are in this context not to be considered as a feature added to the model, they simply emerge when particles, formerly connected by cohesive interaction forces, happen to be separated by external tensile forces and shear stress. In this sense, discontinuity is included in the computational approach. If, on the other hand, the material shows no tendency to crack and fail, this is also consistent with the approach used. Continuous material behaviour is a proper subset of the primarily much more complicated material behaviour due to failure, fracture, discontinuities: (dis-)continuum included.

The aspect of numerical stability as well as the correlation of the simulation results with real-world experiments in quality and quantity made out a good part of our work in 2014.

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

08.2014 – 07.2016

Leiter | Project Manager

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

Bearbeiter | Contributors

Dipl.-Math. Dirk Reischl

ROBEX – Zwei Welten begegnen sich

Zu den bisher 14 Partnern der Helmholtz-Allianz ROBEX (Robotische Exploration unter Extrembedingungen) konnten in diesem Jahr mit der Universität Würzburg und Airbus zwei weitere Partner gewonnen werden. Die Grundidee der Allianz ist die Verbindung der Forschungsbereiche Raumfahrt und Tiefsee zur Identifikation gemeinsamer Problemstellungen in Bereichen wie Navigation, Energieübertragung oder Sammeln von Messdaten unter extremen Umgebungsbedingungen. Im Fokus stehen die Bündelung von Ressourcen und die gemeinsame Entwicklung von neuen Technologien für Anwendungsgebiete in der Tiefsee und auf dem Erdmond.

Der Forschungsschwerpunkt am Institut für Massivbau liegt dabei in der Erschließung neuer Anwendungsfelder von Beton. Neben der Untersuchung der Anwendbarkeit von UHPC in der Tiefsee ist die Entwicklung eines Betons, der vorwiegend aus lunaren Ressourcen besteht und unter lunaren Bedingungen herstellbar ist, Bestandteil des Projekts. Mit Hilfe eines weiterentwickelten Dampfdruckverfahrens werden ein Trockengemisch, bestehend aus Zuschlag und Zement, in einer Probenform unter Dampfdruck erhärtet. Erste Versuche haben gezeigt, dass nach kurzer Zeit der Durchströmung mit Dampf und somit bei nur geringem Einsatz

von Wasser vergleichsweise gute Festigkeiten erreicht werden können. Ziel der Materialentwicklung ist die Errichtung einer permanenten Mondbasis, die als Forschungsstation, Schutzkonstruktion oder als Ausgangspunkt für die Erkundung anderer Planeten genutzt werden könnte.

Im Bereich der Tiefseeforschung konnten nach nur einem Jahr Entwicklungszeit die ersten Druckgehäuse aus ultrahochfestem Beton fertiggestellt und in der Druckkammer des GEOMAR in Kiel getestet werden. Bisher werden dafür aufgrund der extrem korrosiven marinen Umgebung vorwiegend teure Materialien wie Titan und Aluminium verwendet. Eine kostengünstige UHPC-Alternative könnte helfen, größere temporäre und permanente Forschungsnetzwerke zu errichten. Die Konzeption der Betongehäuse erfolgte für 3000 m und 5000 m Wassertiefe und die berechnete Last konnte ohne Implosion erreicht werden. Auch die Erfüllung der Anforderungen an Dichtigkeit und Wiederverschleißbarkeit konnten demonstriert werden. Das verwendete Material wurde dankenswerter Weise von der Firma WPE (Rheinsberg) zur Verfügung gestellt. Weitere Untersuchungen zum Langzeitverhalten sowie im Bereich alternativer Dichtungskonzepte befinden sich in Planung.

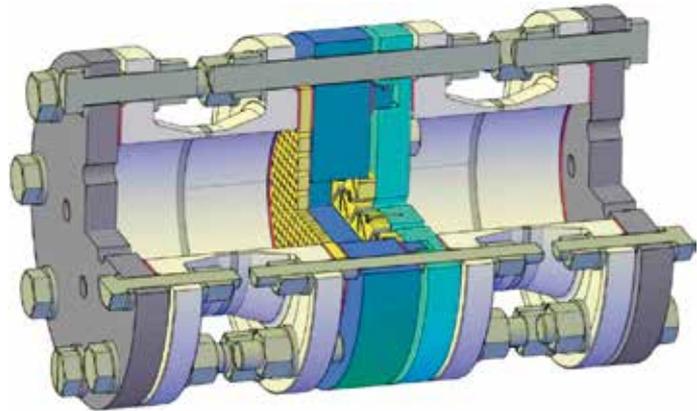


Prototyp eines Druckgehäuses aus UHPC für die Tiefsee
Prototype of a deep sea pressure housing made of UHPC
 Photo: Sebastian Wilhelm

ROBEX – Two worlds come together

This year, the University of Würzburg and Airbus could be counted as two new partners among the 14 previous partners of the Helmholtz Alliance ROBEX (Robotic Exploration under extreme conditions). The basic idea of the Alliance is the connection of the research areas space and deep sea to identify common challenges in fields such as navigation, power transmission or collection of measurement data in extreme environments. The focus is on the pooling of resources and the joint development of new technologies for application areas in the deep sea and on the Earth's moon.

The research focus of our institute is the development of new application fields for concrete. In addition to studying the applicability of ultra-high performance concrete (UHPC) in the deep sea, the development of a concrete, consisting mainly of lunar resources and manufactured under lunar conditions is part of the project. By using the dry-mix/steam-injection-method, a dry mixture consisting of aggregate and cement hardens in a sample form under steam pressure. Initial experiments have shown that after a short time of steam exposure – and thus with little use of water – a relatively good strength can be achieved. The objective of this material development is the establishment of a



Ansicht des Reaktors zur Herstellung von Beton im Dampfhärtungsverfahren

View of concrete production facility for steam injection under pressure Graphic: Sebastian Wilhelm

permanent moon base that could be used as a research station, as a protective structure or as a base for exploring other planets.

In the field of deep-sea research, the first pressure housing could be completed from UHPC and tested in the pressure chamber of the GEOMAR in Kiel after only one year of development. So far, mainly expensive materials such as titanium and aluminium are used due to the extremely corrosive marine environment. An inexpensive alternative made of UHPC could help to build bigger temporary and permanent research networks. The design of the concrete housings was made for 3000 m and 5000 m water depth and the calculated load could be achieved without implosion. The fulfilment of the requirements for sealing and resealing could be demonstrated. The material used was kindly provided by the company WPE (Rheinsberg). Further studies, on the long-term behaviour, as well as in alternative sealing concepts are being planned.

Titel | Title

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

Förderer | Funding

Helmholtz-Gemeinschaft

Zeitraum | Period

10.2012 – 10.2017

Leiter | Project Manager

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

Bearbeiter | Contributors

Dipl.-Ing. Sebastian Wilhelm

Projektpartner | Project partner

16 Forschungseinrichtungen und Firmen in ganz Deutschland

Wissen Sie was Knicken ist?

Ja natürlich! – werden die meisten bei der Frage denken, das lernt man doch im ersten Mechanik-Semester! – Ein schlankes Bauteil verliert seine Stabilität und es kommt zu einem plötzlichen Versagen. Bestimmt rufen Sie sich nun typische Beispiele eines gedrückten Lineals oder eines schlanken ausgebogenen Stahlprofils in Erinnerung. An eine geknickte Betonstütze werden dagegen wohl die wenigsten denken und wenn, dann vermutlich nur an eine, wie sie infolge einer horizontalen Belastung, z. B. durch Anprall, entstehen könnte. Aber ist das noch Knicken? Wenn eine horizontale Last in Stützenmitte angreift, kann das Versagensbild dem bei Knicken ähneln; tatsächlich handelt es sich aber eher um einen Biegevorgang mit einer ggf. zu berücksichtigenden Last in Richtung der Stabachse. Doch wo genau ist überhaupt der Unterschied zwischen Biegung und Knicken?

Die bekannten Eulerfälle werden aus der Differentialgleichung der Biegelinie hergeleitet. Die Versagenslasten werden für ausschließlich axial gedrückte Stützen angegeben, bei denen sich eine unendlich große Ausbiegung einstellt. Das Knicken wäre demnach ein Spezialfall der Biegung, bei dem die Verformung infolge einer Axiallast anstelle einer Querbelastung zum Versagen führt. Voraussetzungen der Eulerfälle

sind allerdings ein ideal elastisches Material und exakt gerade Stützen. Doch was passiert, wenn es realistischerweise zu kleinen Abweichungen dieser Bedingungen kommt? Dann handelt es sich genau genommen nicht mehr um ein Knicken, sondern um ein Spannungsversagen II. Ordnung, bei dem die Durchbiegung des verformten Systems und somit die Momentenbeanspruchung auf dieses mit zunehmender Schlankheit immer größer werden, was letztlich zum Versagen führt.

An unserem Institut wurden zentrische Druckversuche an acht 3,50 m langen, gelenkig gelagerten, unbewehrten UHPC-Stützen (Schlankheit $\lambda \approx 130$) durchgeführt. Die Versagenslasten konnten gut mit den Eulerknickgleichungen berechnet werden (maximal 12 % Abweichung). Näherungsweise kann also doch Knicken eintreten, denn bei nur minimalen Exzentrizitäten ist das Spannungsversagen II. Ordnung ein Grenzfall, der den Eulerfällen nahekommt. Folglich gibt es zwar in der Realität kein mathematisch exaktes Knicken, da die tatsächliche Versagensursache immer eine Spannungsüberschreitung sein wird, aber die Gleichungen von Euler können bei zentrisch gedrückten Betonstützen dennoch angewendet werden. Versuche an beidseitig eingespannten Stützen bestätigten die Erkenntnisse.



Realisierung der gelenkigen Linienlagerung im Versuch;
hier am Stützenkopf

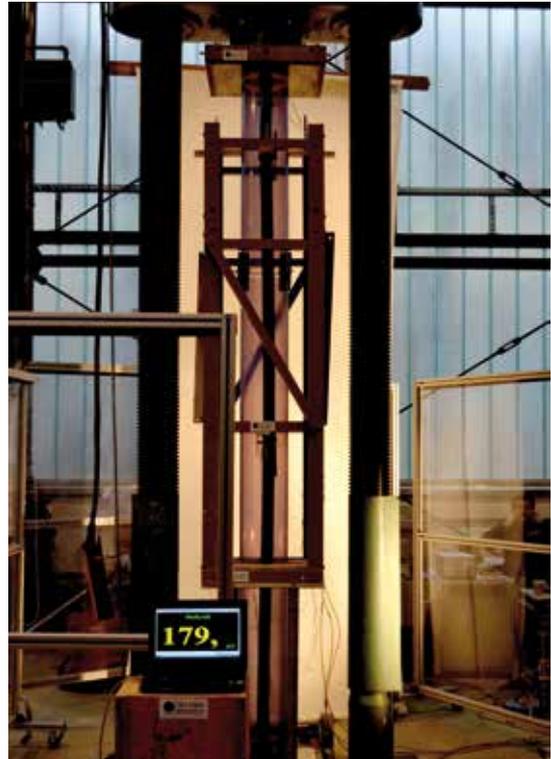
*Implementation of line supports, in the picture: at the top of a column
Photo: Gregor Schacht*

Do you know what buckling is?

Yes of course! – Most of you will say – thinking about that question – that’s what we’ve learned in the first semester of mechanics! – A slender structure loses its stability and fails suddenly. Surely, most of you will recall typical examples like a pressed thin rod or a slim bended steel profile. But in contrast, few will think of a buckled concrete column and if they do, it will probably be only as an occurrence resulting from a horizontal load, such as a vehicle impact.

But is that still buckling? If a horizontal load acts in the middle of a column, the failure pattern can be similar to buckling; but in fact, it is more like a bending failure, where, if necessary, a load in the direction of the member axis is taken into account. But, where exactly is the difference between bending and buckling at all?

In the well-known Euler buckling modes, derived from the differential equation of the bending line, the failure loads are only given for axially loaded columns, where there is an unlimited deflection. According to this, buckling would be a special case of bending, where the deformation, which results from an axial load instead of from a transverse load, leads to collapse. In addition, the assumptions made within the Euler buckling theory are: an ideal elastic material and exactly straight columns. But, what happens if we have realistic small deviations from these assumed conditions? Then, in a strict sense, we do not have buckling any more, but instead a second order stress failure, where the deflection of the deformed system and the resulting bending stress becomes, with



Druckversuch an einer beidseitig eingespannten schlanken Stütze

Pressure test with a slender column, clamped on both sides Photo: Angela Schmidt

an increasing slenderness, greater and greater and finally leads to failure.

At our institute, we carried out concentric pressure tests with eight 3.50 m long, simply supported, unreinforced UHPC-columns (slenderness ratio $\lambda \approx 130$). The failure loads can be calculated quite well, using Euler’s buckling equations (maximal deviation: 12 %). After all, buckling is approximately possible, because, with only little eccentricities, the second order stress failure is a limit case, which returns back to the Euler modes. In reality, from a mathematical point of view, the failure is not exactly due to buckling, because the real cause of the failure will always be the exceedance of stress; nevertheless, the equations of Euler can still be used for concentric loaded concrete columns. Experiments with columns, clamped on both sides, confirm these conclusions.

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 | Contributors

Dipl.-Ing. Angela Schmidt

Leichte und effiziente Decken

Im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogrammes 1542 Leicht Bauen mit Beton werden leichte, effizient tragende, dreischichtige Deckenplatten mit dem Ziel untersucht, Gewicht und natürliche Ressourcen einzusparen. Dies gelingt, wenn die aus der Biegung resultierenden Druck- und Zugkräfte durch höherfeste Betone und Bewehrung in den oberen und unteren Randbereichen und die im Plattenkernbereich aus Schub resultierenden, vergleichsweise geringen Kräfte durch leichte, weniger tragfähige Materialien aufgenommen werden.

Der Schwerpunkt der diesjährigen Forschungen lag auf der Entwicklung und Validierung eines geeigneten Rechenmodells zur Bestimmung einer kraftflussorientierten und effizient tragenden Trägerform. Zur Berechnung wird der Träger in endlich viele Abschnitte eingeteilt, die eine flexible Diskretisierung ermöglichen. Die erforderlichen Schichthöhen werden für jeden Abschnitt separat ermittelt. Dazu werden Schnittgrößen, Verschiebungen und Spannungen nach bekannten baustatischen Kraftgrößenverfahren bestimmt. Aufgrund der zur Feldmitte symmetrischen Geometrie und Belastung (Streckenlasten, Einzellasten) lassen sich die Betrachtungen an der Feldhälfte durchführen. Für den Formfindungsprozess können unterschiedliche Zielgrößen definiert werden, wie z. B. minimales Gewicht bzw. Volumen, der Ausnutzungsgrad bei den einzelnen Tragfähigkeitsnachweisen oder der minimale Verbrauch natürlicher Ressourcen. Die Implementierung des Verfahrens kann in einem herkömmlichen Tabellenkalkulationsprogramm erfolgen.

Des Weiteren wurden großformatige, geschichtete und formoptimierte Plattenstreifen berechnet, hergestellt und geprüft, um die Eignung des Rechenmodells, die praktische Umsetzbarkeit und die damit verbundenen Gewichts-, Ressourcen- bzw. Tragfähigkeitsgewinne im Maßstab 1:1 zu demonstrieren. In drei Großversuchen wurden Mittelfelder eines Endlosdurchlaufträgers (je 7 m Stützweite) getestet: neben dem parallelgurtigen Referenzträger aus Normalbeton C20/25 (unter Einzellast) noch zwei formoptimierte, geschichtete Träger (C20/25 – Porenleichtbeton), einer unter Einzellast und einer unter Streckenlast. Bei allen drei Mittelfeldern waren das Betonvolumen und die Bewehrungsmenge im Querschnitt identisch. Vergleicht man die Resultate der optimierten Probekörper mit der Referenzplatte auf Basis des Verhältnisses von Tragfähigkeit zu Gewicht, so zeigt sich bei dem formoptimierten Träger unter Einzellast nach bisherigen Auswertungen ein Gewinn von ca. 10 % und bei dem unter Streckenlast von ca. 100 %.



Großformatiger Träger im Versuchsstand

Large-scale beam in the test stand Photo: Michael Frenzel

Lightweight and efficient structures

Within the DFG-priority program 1542, we investigate lightweight, efficient load bearing, three-layer slabs with the goal of reducing self-weight and associated consumption of natural resources. This may be achieved when the compressive and tensile forces resulting from flexural bending are carried by a higher strength concrete and reinforcement located at the top layers, while the comparatively low forces at the beam's core causing shear are taken by lightweight, less sustainable materials.

The focus of this year's research was to develop and validate a suitable computational model to determine a force-flow-oriented and efficient load bearing member shape. The ceiling slab model, used in this research, was divided into a finite number of sections which allowed a flexible discretization. The required thicknesses of each layer were calculated separately for each section using internal forces, displacements and stresses that were determined by known structural calculation methods. For the shape-finding process, different targets were defined, such as minimizing the member's weight or volume, optimizing the performance factor for different failure modes or reducing the consumption of natural resources. The implementation of the method was carried out in a conventional spreadsheet program.



Betonage der unteren Deckenschicht eines geschichteten Großträgers

Casting of the bottom layer of a layered full-scale beam
Photo: Michael Frenzel

Furthermore, full-size layered and shape-optimized elements were calculated, manufactured and tested to determine and to demonstrate the suitability of the computational model, as well as the practical feasibility and the associated weight, resource and resistance gains. The testing of the specimens included three 7 m long, single span beams with cantilevers to simulate an endless continuous beam. One conventional beam with parallel faces made of a regular concrete C20/25 was tested under concentrated load, and two beams with a shape optimized layered cross section made of regular concrete C20/25 and foam lightweight concrete were tested under a concentrated and a uniform load. All three beams had an identical concrete volume and amount of reinforcement per cross section in the middle span. Comparing the results of the optimized test specimens with the results of the reference slab, based on the ratio of self-weight versus ultimate bearing capacity, an approximate 10 % gain under concentrated load and an approximate 100 % gain under uniform load was reached beyond the results obtained in previous evaluations.

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 – 09.2014

Leiter | Project Manager

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

Bearbeiter | Contributors

Dipl.-Ing. Michael Frenzel

Das SPP 1542 geht in die zweite Runde

Die Forscher im DFG-Schwerpunktprogramm 1542 „Leicht Bauen mit Beton – Grundlagen für das Bauen der Zukunft mit bionischen und mathematischen Entwurfsprinzipien“ konnten im Herbst 2014 auf eine äußerst erfolgreiche erste Förderperiode zurückblicken. Das Ende der ersten Förderphase war der Anlass, sich wie schon zum Start des Programms im Sommer 2011 in Dresden zum Jahrestreffen zusammenzufinden. Alle drei Tage waren ausgefüllt mit Gesprächen und Vorträgen. Zum einen war es Zeit zurückzublicken, denn fast alle Forschungsprojekte aus Förderphase 1 standen kurz vor dem Abschluss oder hatten bereits geendet. Der richtige Zeitpunkt also, ein Fazit zu ziehen und die Ziele vom Anfang dem Erreichten gegenüberzustellen. Es wurden besondere Erfolge präsentiert, aber auch Irrwege, wie sie in der Grundlagenforschung vorkommen können, dargestellt und analysiert. Rechtzeitig zum Abschluss der Förderphase 1 wurde zudem ein Buch fertiggestellt, in dem die Forschung in allen Teilprojekten des SPP vorgestellt wird.

Außerdem bot sich die Gelegenheit, die Aktivitäten rund um das SPP Revue passieren zu

lassen. Dazu zählen zum Beispiel die Projekte, die von verschiedenen SPPLern initiiert und mit Mitteln aus dem Koordinatorenfonds gesondert unterstützt worden waren. Diese mehr publik zu machen, z. B. durch eine entsprechende Präsentation auf der Homepage, ist eine der zukünftigen Aufgaben.

Zum anderen war dieses Abschlusstreffen auch gleichzeitig das Kick-off-Meeting für die von der DFG im Sommer 2014 bewilligte zweite Förderperiode des Schwerpunktprogramms. Insgesamt können zwölf der Forschungsprojekte drei weitere Jahre lang fortgeführt werden, drei weitere Projekte aus Phase 1 erhalten eine Auslaufförderung für ein Jahr. Hinzu kommen sechs vollkommen neue Teilprojekte an den Universitäten Aachen, Berlin, Braunschweig, Dresden, Hannover und München.

Das Treffen wurde durch einen Vortrag von Prof. Knippers abgerundet, der den thematisch verwandten, im Sommer 2014 gestarteten SFB-Transregio 'Biological Design and Integrative Structures' vorstellte.



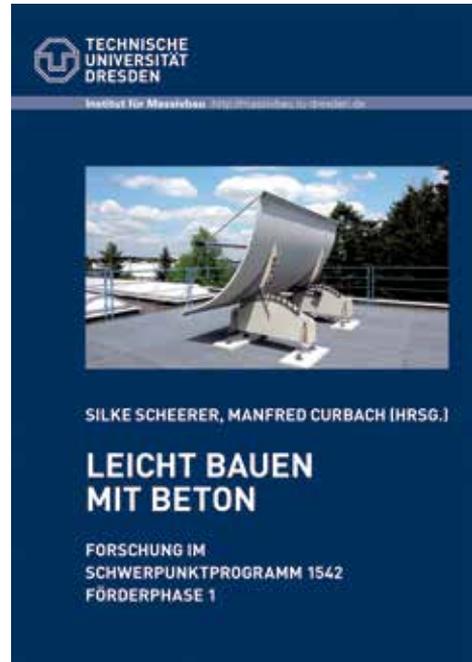
Teilnehmer des Arbeitstreffens in Dresden im Herbst 2014
Participants of the working meeting in Dresden in autumn 2014 Photo: Ulrich van Stipriaan

The SPP 1542 goes to the second round

In the autumn of 2014, the researchers in the DFG Priority Programme (SPP) 1542 „Concrete light – future concrete structures using bionic, mathematical and engineering formfinding principles“ could look back on a very successful first funding period. The end of the first funding period was the reason that the annual meeting took place in Dresden, like we have it already done at the start of the SPP in the summer of 2011. All three days were filled with discussions and presentations. On the one hand, it was time to look back, because almost all research projects from funding phase 1 were close to completion or had already ended. It was the right time to sum up and to compare the aims from the beginning with the achievements after three years of research. The speakers presented outstanding successes, but also wrong ways, such as may occur in basic research, were outlined and analysed. On time with the end of the SPP's first funding period a book was completed, in which the research of all sub-projects of the SPP is presented.

In addition, the meeting was an opportunity to pass in review all other activities, which have taken place within the past three years. These include, for example, the projects that had been initiated by various researchers and supported separately with financial resources from the coordination fund. To make them more public, for example by an appropriate presentation on the SPP's website, is one of the future tasks.

Secondly, this final meeting in Dresden was additional the kick-off meeting for the second



Einen Überblick über die Forschungsaktivitäten gibt dieses im Oktober 2014 erschienene Buch; demnächst online by Qucosa

An overview about the research activities is published in this book; coming soon online at Qucosa
Layout: Ulrich van Stipriaan

funding period of the priority program, which had been granted in the summer of 2014 by the DFG. A total of twelve research projects will continue three more years. Three other projects from period 1 were extended for one year. There are also six completely new sub-projects at the Universities of Aachen, Berlin, Braunschweig, Dresden, Hanover and Munich.

The meeting was completed with a lecture by Prof. Knippers. He presented the thematically related SFB-Transregio 'Design and Integrative Biological Structures' that launched in summer 2014 in Stuttgart, Freiburg and Tübingen.

Titel | Title

SPP 1542 – Koordination und zentrale Aufgaben |
SPP 1542 – Coordination and central tasks

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 | Contributors

Dr.-Ing. Silke Scheerer, Ulrich van Stipriaan M.A.;
Dipl.-Ing. Egbert Müller, Sabine Hofmann

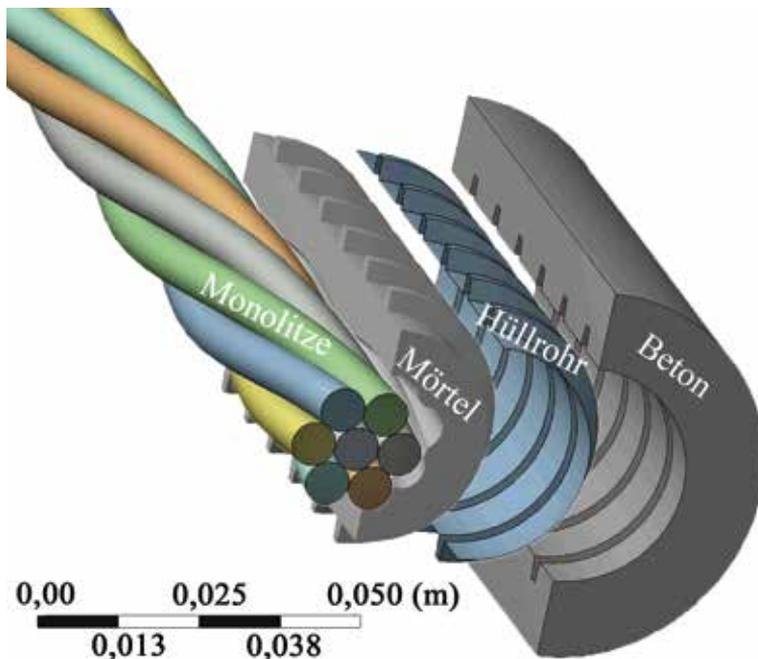
Einblicke ins Innere

Gemischt bewehrte Bauteile zeichnen sich durch Vielseitigkeit in der Anwendung, Dauerhaftigkeit im Gebrauch und Beständigkeit in Extremsituationen aus. Zur Sicherstellung dieser Leistungsfähigkeit ist es nicht nur erforderlich, die Einzelkomponenten Stahl und Beton genauer zu untersuchen, sondern auch das Verbundverhalten zwischen beiden Werkstoffen zu berücksichtigen. Um ein besseres Verständnis der dabei stattfindenden komplizierten Vorgänge zu erlangen, ist neben Experimenten auch eine numerische Untersuchung des Verbundtragverhaltens mithilfe der Methode der finiten Elemente (FEM) erforderlich. Mithilfe der FEM ist es möglich, Einblicke in das Verbundverhalten zu gewinnen. Gleichzeitig kann mit einem geeigneten FE-Modell die Anzahl kostenintensiver Verbundversuche im Labor deutlich reduziert werden.

Während im vergangenen Jahr das Verbundverhalten zwischen Betonstahl und Beton numerisch analysiert wurde, lag der Fokus in diesem Jahr bei der Modellierung des Verbundverhaltes von Spanngliedern im nachträglichen Verbund. Analog zum Betonstahl im sofortigen Verbund können für Spannglieder mit nachträglichem Verbund die bekannten Verbundmechanismen angewendet

werden. In Abhängigkeit der Relativverschiebungen wirken somit der Haft, der Scher- und der Reibverbund. Allerdings ist bei Spanngliedern mit nachträglichem Verbund durch die beiden zusätzlichen Komponenten Injektionsmörtel und Hüllrohr die Verbundwirkung gegenüber der von Betonstählen schwieriger zu erfassen und zu beschreiben. Verglichen mit dem Betonstahl im unmittelbaren Verbund sind die Einflussfaktoren bei Spanngliedern im nachträglichen Verbund also noch vielfältiger.

Eine große Herausforderung war u. a. die exakte Modellierung der unterschiedlichen Oberflächenprofilierungen von Spannstählen aufgrund von deren Geometrie und der großen Anzahl Kontakte. Es wurden bspw. Monolitzen, Litzenbündel, glatte Stäbe und gerippte Stäbe anhand von Ausziehversuchen rechnerisch untersucht. Die FE-Ergebnisse bestätigen die experimentellen Resultate. Die innere Rissbildung und somit die Ausbildung der Druckstreben hängen besonders von der Profilierung der Spannstähle und der Dicke des Injektionsmörtels ab. In Abhängigkeit der Oberflächenprofilierung stellten sich erwartungsgemäß zudem unterschiedliche Verbundspannungs-Schlupf-Beziehungen ein.



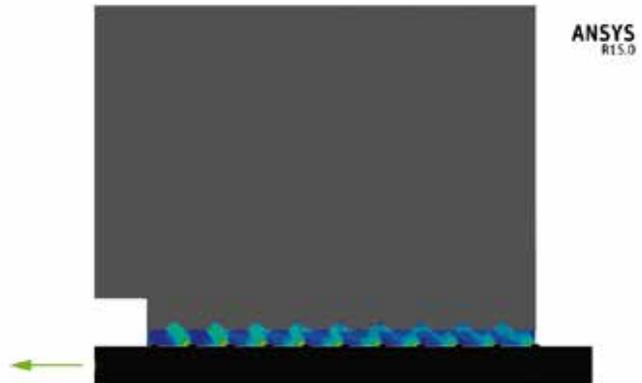
Bestandteile bei einer detaillierten Modellierung einer Monolitze im nachträglichen Verbund

*Components of a detailed modelling of a single strand with subsequent bond
Graphic: Robert Zobel*

Inside View

Mixed reinforced components are characterized by being versatile in practice, durable in service, and stable in extreme situations. In order to ensure this performance, investigations of the individual components steel and concrete, as well as studies of bond behaviour between the two materials, are of great importance. Besides the experimental tests, numerical studies on the bond behaviour using the finite element method (FEM) are absolutely essential to gain a better understanding of the complicated interaction processes. Using the FEM, it is possible to gain new insights about bond behaviour. Simultaneously, with a suitable numerical model, the number of experimental bond tests can be reduced.

While last year's numerical studies were focused on the interaction between concrete and reinforcement steel, this year's emphasis was on bond behaviour of post-tensioned concrete. Analogous to the bond behaviour between reinforcing steel and concrete, the known bond mechanism can be applied to post-tensioned concrete. Depending on the slip (relative displacement between the bonding parts), adhesion, friction and mechanical interaction are at work. Compared to reinforcing steel, the bond behaviour of post-tensioned concrete is more complex due to extra components, injection mortar and jacket



Von-Mises-Spannung – Ausbildung der Druckstreben im Injektionsmörtel bei einem gerippten Spannglied
 Von Mises stress – formation of compression struts in the injection mortar with a ribbed tension steel Graphic: Robert Zobel

tube. The bond behaviour is affected by these components. Compared to the reinforced concrete, the factors influencing the bond behaviour of post-tensioned concrete are more diverse.

Because of geometry and large number of contacts, one particular challenge was the detailed modelling of different surface profiles of tensioning steels. Among other things, single strands, tensioning steel strands, ribbed tensioning steel or smooth tension steel were numerical investigated by means of pull-out tests. The simulations results confirmed the experimental results. The internal crack initiation and the formation of compression struts depended particularly on the surface profiling of the tensioning steel and the thickness of the injection mortar. The bond stress-slip curves varied depending on the surface profiling of the tensioning steel.

The presented project was funded by the German Federal Ministry of Economic Affairs and Energy (BMWi, project no. 1501428) on basis of a decision by the German Bundestag.

Titel | Title

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

Förderer | Funding

BMWi; PT: Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) gGmbH

Zeitraum | Period

07.2012 – 06.2015

Leiter | Project Manager

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

Bearbeiter | Contributors

Dipl.-Ing. Robert Zobel

Straßenbrücken am Limit

Bei diesem Projekt wird der Straßenbrückenbestand in Mecklenburg-Vorpommern anhand von knapp 30 ausgewählten, sehr unterschiedlichen Bauwerken untersucht.

Da bei einer Reihe von Spannbetonbrücken die Schubtragfähigkeit mit den ergänzenden Ansätzen zur Nachrechnungsrichtlinie (NRR, Stand 05/2011) nicht nachweisbar ist, werden wissenschaftliche Methoden auf der Basis aktuellster Forschungsergebnisse angewendet (Stufe 4 der NRR). Diese bilden einen Vorgriff auf eine zukünftige Ergänzung der Richtlinie. Für eines der Bauwerke sind weiterführende wissenschaftliche Betrachtungen erforderlich.

Für die im Bestand typischen Balkenreihentragwerke aus Fertigteilen sind gesonderte Betrachtungen zur Modellierung der Fugen erforderlich, da sich anderenfalls Defizite bei den Nachweisen der Querkraft- und Torsionstragfähigkeit insbesondere bei den im Grundriss schiefen Überbauten mit großen Spannweiten ohne Verbundplatte ergeben. Hierzu werden derzeit Lösungsansätze erarbeitet.

Stahlbetonbauwerke der 1960er Baujahre sind besonders wegen der geringeren Güte der Betonstahlbewehrung kritisch zu beurteilen. Die vorliegenden Ergebnisse aus Baustoffuntersuchungen helfen, aussagekräftige Angaben zur vorhandenen Bewehrung zu gewinnen. In der Vergangenheit wurde bei bestimmten Bauteilen auf die Anordnung von Bewehrung teilweise oder sogar ganz verzichtet. Diese historischen Kon-

struktionsprinzipien werden den heutigen Anforderungen kritisch gegenübergestellt.

Bei einem Stahl-Beton-Verbundüberbau über die A 19 wird zur Einstufung auf die am Bauwerk durchgeführten Messungen zurückgegriffen (Stufe 3 der NRR). Die Untersuchung im Rahmen einer Diplomarbeit zeigte jedoch eine Reihe weiterer Einflussfaktoren unbekannter Größe auf, sodass weitere Betrachtungen notwendig werden, die in enger Abstimmung mit dem Auftraggeber weitergeführt werden. Die endgültige Entscheidung über die weitere Nutzung dieses Bauwerkes wird auf dieser Basis getroffen.

Schließlich wurden ausgehend von den Ergebnissen dieser Untersuchungen die Anforderungen an weitere Bauwerksprüfungen unter Berücksichtigung der Bedürfnisse des Baulastträgers angepasst.



Brücke mit Balkenreihenüberbau BT 700 zur Nachrechnung in Stufe 4

*Precast beam bridge type BT 700 for recalculation at level 4, NRR
Source: SIB-Bauwerksdatenbank Mecklenburg-Vorpommern 2012*

Road bridges at the limit

In this project, the bridge inventory of Mecklenburg-West Pomerania is investigated. A representative sample of thirty different structures has been selected for the study.

For many of the prestressed concrete superstructures, the shear design capacity is not sufficient, even taking into consideration additional provisions according to the new German recalculation guideline (Nachrechnungsrichtlinie NRR, status of 05/2011). Therefore, scientific methods, based on the latest research, have been applied (level 4, NRR) in anticipation of future amendments to the guideline. For one of the prestressed concrete superstructures, additional scientific investigations are necessary.

For typical precast beam structures, when modelling the joints, additional considerations are necessary; otherwise, shear and torsion capacity deficits occur. Most critical are large spans with skew shape in plan, as well as beams that lack sufficient bond to the top slab. Design approaches are currently being developed to analyse such cases.



Brücke mit Stahl-Beton-Verbundüberbau zur Nachrechnung auf messwertgestützter Basis (Stufe 3)

Composite steel and concrete bridge superstructure for recalculation based on measurements (level 3, NRR)

Source: SIB-Bauwerksdatenbank Mecklenburg-Vorpommern 2012

Reinforced concrete structures built in the 1960's are critical because of the low grade reinforcement used. Current material test results deliver explicit data of the existing material properties, including the reinforcement. Certain sections of these concrete structures lack reinforcement at all, or the reinforcement provided is not sufficient. Those ancient design principles are critically assessed and compared to current design criteria.

Further classification of a composite steel and concrete bridge superstructure overpassing federal route A 19 will be based on current measurements (level 3, NRR). The investigations in the course of a student's diploma thesis showed, however, a series of influence factors of unknown magnitude that require additional considerations to be continued in cooperation with the authority. Further use of this bridge structure will be decided upon the authority's final decision.

Finally, based on the findings of the study for each specific bridge type, the requirements for further bridge inspections are being customized considering the needs of the authority.

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 – 12.2014

Leiter | Project Manager

Dr.-Ing. Torsten Hampel

Bearbeiter | Contributors

Dipl.-Ing. Nico Schmidt, Dr.-Ing. Torsten Hampel, Dr.-Ing. Silke Scheerer, Dipl.-Ing. (FH) Sabine Wellner, Dipl.-Ing. Oliver Steinbock, Mateusz Ewertowski M.Sc.

Basaltfasern für temperaturbeständigen Textilbeton

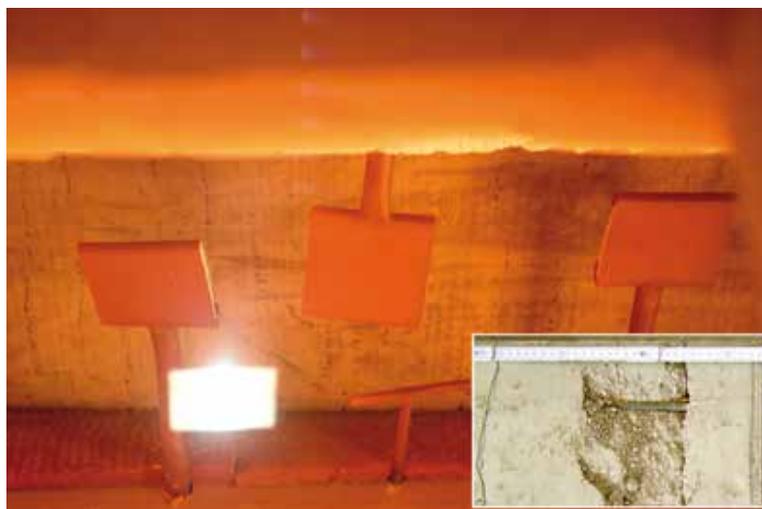
Mit den extrem festen Carbonfasern steht ein sehr leistungsfähiges Bewehrungsmaterial für Textilbetonkonstruktionen zur Verfügung, das relativ kostenintensiv aber robust und nicht anfällig gegenüber dem alkalischen Milieu im Beton ist. Bewehrungen auf Basis von AR-Glasfasern sind etwas kostengünstiger, haben aber Nachteile im Hinblick auf die Tragfähigkeit und Dauerhaftigkeit. Auch Basalt ist als Bewehrungsmaterial denkbar. Gegenüber den anderen Materialien hat Basalt den Vorteil, dass er in großer Menge natürlich vorkommt. Im Rahmen des Projekts sollte ein hochtemperaturbeständiger, mit Basalt bewehrter Verbundwerkstoff zur nachträglichen Verstärkung und Instandsetzung von vorhandener Bausubstanz aus Stahlbeton entwickelt werden.

Die mechanischen Untersuchungen an Textilbetonproben mit beschichteten Basalttextilien als Bewehrung zeigten eine recht ordentliche Performance. Die Tragkraft lag etwas über der von AR-Glastextilien. Das Verbundverhalten entspricht den AR-Glastextilien, damit wird eine kurze Verankerungslänge und eine gute Rissverteilung erreicht.

Um Basalttextilien unter den gewünschten Rahmenbedingungen einsetzen zu können, wird aber weiterhin eine hochtemperaturbeständige

Beschichtung benötigt, die die Dauerhaftigkeit gewährleisten und die Anforderungen des Brandschutzes erfüllen muss. Bei einer Brandbeanspruchung verliert Basalt, wie auch AR-Glas und Betonstahl, schon bei relativ geringen Temperaturen ab ca. 150 °C deutlich an Festigkeit. Deshalb müssen auch die Basaltgarne vor höheren Temperaturen geschützt werden, um eine nennenswerte statische Lastabtragung im Brandfall gewährleisten zu können. Von Vorteil ist, dass die Basalttextilien in der Lage sind, eine vorhandene Verstärkungsschicht auch unter hohen Temperaturen zusammenzuhalten. Betonabplatzungen waren in den Brandversuchen marginal, die wärmedämmende Wirkung einer Verstärkungsschicht für die Grundkonstruktion wurde aufrechterhalten. Als konstruktive und Risse verteilende Bewehrung kann Basaltbewehrung auch bei Brandbeanspruchung also vorteilhaft eingesetzt werden.

Die getesteten Basaltmaterialien waren allerdings noch nicht ausreichend alkaliresistent, weshalb hier noch Forschungsbedarf besteht, geeignete Lagerstätten sollen verfügbar sein. Denkbar ist aber bereits jetzt der Einsatz dann, wenn die mangelnde Alkaliresistenz von untergeordneter Bedeutung ist, bspw. in extrem trockener Umgebung oder auch bei Bauteilen mit einer zeitlich begrenzten Nutzungsdauer.



Basaltverstärkung nach 60 min ohne und Stahlbeton (kleines Bild) nach 45 min Brandbeanspruchung mit Betonabplatzung

*Basalt reinforcement after 60 min and reinforced concrete (small picture) after 45 min fire demand
Photo: Harald Michler*

Basalt fibers for temperature-steady textile concrete

Given the extreme stiffness of carbon fibers, a very efficient reinforcement material is available for composites comprised of textile and concrete. Carbon is relatively cost-intensive, but it is sturdy and not susceptible to alkaline reaction in a concrete environment. Reinforcing with AR-Glass fibers is somewhat more economical, but there are, however, disadvantages regarding the load-carrying capacity and durability. Basalt is also a feasible reinforcing material. In contrast to other materials, basalt has the advantage to occur naturally in large quantities. In the context of this project, a high-temperature resistant yarn should be developed. A composite resistant to high temperatures is adequate to strengthen existing reinforced concrete buildings.

Research on the mechanical properties of textile reinforced concrete samples with basalt textile layers showed a quite tidy performance. The carrying capacity was somehow higher than that of AR-Glass reinforcement. The behavior of the composite correlated to that of the AR-Glass reinforcement, with a short bond length and an adequate crack distribution.

However, to be able to use basalt textiles under the desired specified conditions, a high-tempera-



Freigelegte Basaltbewehrung nach Brandbeanspruchung, Fenster geöffnet

Laid open Basalt reinforcement after fire, window opened Photo: Harald Michler

ture resistant coating is required, which must additionally guarantee the durability and fulfill safety requirements under fire resistance. In case of a fire, basalt, as well as AR-Glass and reinforcing steel, clearly loses stiffness, even at relatively low temperatures from approx. 150 °C. Therefore, the basalt-yarns must also be protected against high temperatures to ensure a significant load carrying capacity in case of a fire.

It is an advantage that the basalt textiles are able to hold together the existing reinforcing in a structure even under high temperatures. In fire tests, there was not lost of concrete cover, and the heat insulation effect provided by the composite was maintained. Basalt is, in terms of fire loading, a good construction reinforcement material with a very good crack distribution behavior.

However, the tested basalt materials were still not resistant enough to the alkaline reaction in concrete, which is why additional research is needed in this area. Suitable storage facilities are required, natural mineral deposits should be available. The application is feasible, however, when the alkaline resistance of the material is of subordinated meaning, for example in extremely dry surroundings or also for components with a limited service life.

Titel | Title

Entwicklung von hochtemperaturbeständigen Basalt-Carbon-Hybridstrukturen für die nachträgliche Verstärkung von Stahlbetonbauteilen | *Development of temperature-steady basalt-carbon hybrid structures for post strengthening of concrete components*

Förderer | Funding

BMW; PT: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF)

Zeitraum | Period

07.2011 – 03.2014

Leiter | Project Manager

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

Bearbeiter | Contributors

Dr.-Ing. Harald Michler

Projektpartner | Project Partner

2 Institute der TU Dresden | 22 Praxispartner

Deckenelemente aus Textilbeton

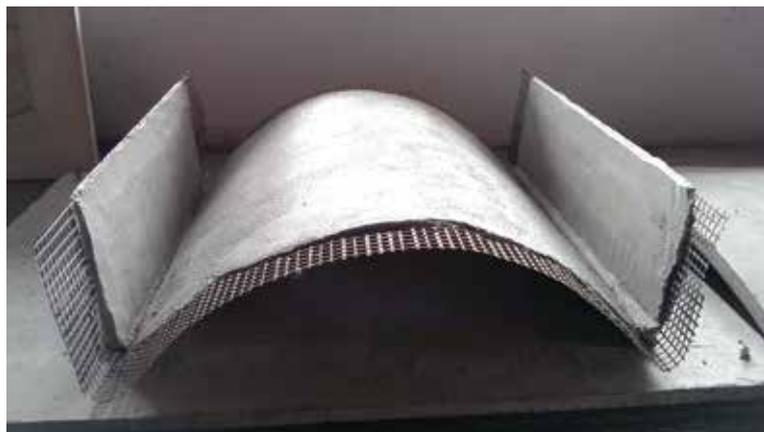
Im Rahmen des Förderprogramms ZIM beim Projektträger AiF führen das Institut für Massivbau und die genannten Projektpartner ein Forschungsprojekt durch, welches als gemeinsames Ziel die „Produkt- und Verfahrensentwicklung von leichten tragenden Deckenelementen aus textilbewehrtem Beton für das Bauen im Bestand“ hat. Hierbei übernimmt unser Institut die Aufgabe, für die Deckenelemente die Bemessungs- und Simulationsmodelle zu entwickeln und diese im Labormaßstab nachzuweisen.

Das Forschungskonsortium will hierbei nicht nur die Schalenform als materialeffizientes Element bei dem Deckenelement anwenden, sondern erforscht neben der klassischen Materialkomposition des Textilbetons (TRC) auch ein daraus weiterentwickeltes Verbundmaterial. Hierbei soll eine Materialkombination untersucht werden, in der mattenartige Vliesstoffe mit Feinbeton getränkt werden. Dadurch sollen für die Deckenelemente konstruktive und herstellungstechnische Vorteile erzielt werden. Hierfür übernehmen das Institut für Massivbau und das Otto-Mohr-Labor die Aufgaben der Versuchsplanung und -durchführung. Mit den gewonnenen Materialkennwerten werden anschließend das Bemessungsmodell und die Simulation des Werkstoffverhaltens erstellt.

Aus beiden Verbundmaterialien – dem klassischen TRC und der weiterentwickelten Materialkomposition – sollen Deckenelemente hergestellt werden. Um die Herstellungstechnologie zu optimieren, werden zunächst nur kleinere Elemente produziert. Anschließend werden die Deckenelemente in ihrer geplanten Länge von ca. 3 m hergestellt und in weggesteuerten Belastungsversuchen getestet, um Versagenslasten und -formen zu ermitteln.

Da das Deckenelement eine Krümmung aufweist und eben über diese die aufgebrachten Lasten weitergeleitet werden, wird für die Berechnung des Bauteils ein Simulationsmodell erforderlich, welches sich der strukturellen Eigenschaften von Schalenelementen bedient. Die Versuchsergebnisse münden in dem Struktur- und Materialmodell der computergestützten Simulation und dienen zur Kalibrierung und Validierung derselben. Im Anschluss sollen Demonstratoren errichtet werden, um Langzeitbeobachtungen durchführen zu können.

Abschließend ist es das Ziel des Instituts, auf Grundlage der theoretischen und experimentellen Untersuchungen praxisgerechte Bemessungsverfahren und darauf aufbauend ein Konzept für die Zustimmung im Einzelfall zu entwickeln.



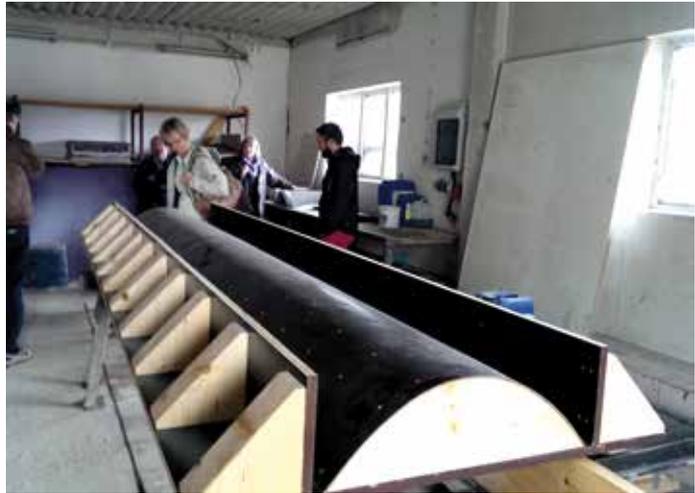
Ein ein Meter langes Probeelement zur Optimierung der Herstellungstechnologie

A one meter long test element for the optimization of manufacturing technology Photo: Tilo Senckpiel

TRC ceiling elements

As part of the funding program ZIM, the Institute of Concrete Structures and the listed project partner conducted a research project that aims to develop lightweight bearing ceiling elements made of textile-reinforced concrete (TRC) for existing buildings. In this context, the institute has the task to develop the assessment and simulation models for the ceiling elements. Subsequently, we will demonstrate the capacity of these elements in laboratory tests.

The given shell shape of the ceiling elements is one possibility to design material efficient components. Another optimization is the further development of the classic material composition of textile reinforced concrete. Within the project, we will investigate a new material combination, in which a mat-like nonwoven fabric will be soaked with fine concrete. In this manner, constructive and manufacturing advantages for the ceiling elements should be achieved. The Institute of Concrete Structures is responsible for the experimental design and the execution of the



Schalung für ein drei Meter langes Deckenelement

Formwork for a three meter long ceiling element

Photo: Tilo Senckpiel

tests. With the obtained material parameters, the design model and the simulation of the material behaviour can be modelled.

With each of the both composites – the classic TRC and the more advanced material composition – the research consortium will produce ceiling panels. At first, smaller elements should be taken into account, because the manufacturing technology has to be optimized. Afterwards, the ceiling panels will be manufactured in the intended dimensions with a length of about 3 m and tested to determine failure loads and shapes.

With its particular curvature, the ceiling element is able to distribute the applied loads. Because of this feature, a simulation model is required to use the structural properties of shell elements to calculate the building component. The experimental results lead to the structural and material model of computer-aided simulation and are used for calibrations and the validation of those. Subsequently, showcase ceilings will be built in order to carry out long-term observations. Finally, on the basis of theoretical and experimental investigations, we want to develop practical design methods and evolve a concept for individual approval.

Titel | Title

Produkt- und Verfahrensentwicklung von leichten tragenden Deckenelementen aus textilbewehrtem 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

BWWi; PT: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF)

Zeitraum | Period

07.2014 – 06.2016

Leiter | Project Manager

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

Bearbeiter | Contributors

Dipl.-Ing. Tilo Senckpiel

Projektpartner | Project Partner

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

Textilbeton-Sandwichplatten unter Stoßbelastung

In diesem Projekt werden Sandwich-Platten untersucht, bestehend aus Polyurethanschaumkernen und Textilbeton-Deckschichten, wie sie beispielsweise als Fassadenplatten eingesetzt werden können. Hierbei wird neben der statischen Tragfähigkeit auch das Verhalten der Strukturen bei Stoßbelastung betrachtet. In quasistatischen Versuchen konnte gezeigt werden, dass Tragfähigkeit und Verformungseigenschaften weit überwiegend von der Dichte des Kernmaterials abhängen. Daher wurden die Materialeigenschaften der Schaumstoffkerne zusätzlich in Biege- und Schubversuchen bestimmt.

Zur Ermittlung der Absorptionsfähigkeit der Materialkombination bei stoßartiger Belastung wurden Anprallversuche in einer Fallgewichtsanlage durchgeführt und messtechnisch mit piezoelektrischen Kraft- und Beschleunigungssensoren überwacht. Die dynamischen Bruchlasten lagen dabei bei weichen Schäumen um das 1,5- bis 3-Fache höher als im statischen Referenztest. Mit Hochgeschwindigkeits-Filmaufnahmen konnte die Risswachstumsgeschwindigkeit in den Schaumkernen näherungsweise bestimmt werden. Diese steigt mit wachsendem Elastizitätsmodul des Materials an, jedoch deutlich weniger als dies nach einem idealisierten rechnerischen Modell (Rayleigh-Geschwindigkeit) zu erwarten wäre.

Das Versagen der Struktur kann auf unterschiedliche Art und Weise eintreten. Je dichter und somit steifer der Schaumstoffkern ist, desto mehr konzentriert sich die Schädigung auf einen kleinen Bereich. Bei den dichtesten Schäumen führt dies zu einem lokalen Durchstanzen der unteren Deckschicht. Bei mitteldichten Schäumen treten in ähnlicher Form Schubrisse auf, die sich jedoch entlang der unteren Deckschicht zum Auflager hin ausbreiten. Bei weichen Schäumen treten keine Risse im Kern auf, jedoch versagt die Verbundfuge zur oberen Deckschicht.

Ingenieurmäßige Rechenmodelle basieren auf einer Trennung von Biege- und Schubverformungen. Mit ihnen lässt sich das elastische Verhalten der Versuchskörper gut wiedergeben. Für das Erfassen der Rissbildung und eine realistische Abbildung des Tragverhaltens über den Schädigungsbeginn hinaus sind FE-Berechnungen unumgänglich. Hierfür wurden verschiedene Programme und Materialmodelle getestet, wobei sich das ‚Crushable Foam‘-Modell nach Deshpande, das in Abaqus/Explicit implementiert ist, als besonders geeignet erwies. Es muss zur realitätsnahen Abbildung des Versagens noch mit einem kohäsiven Rissmodell kombiniert werden.



Versuchskörper im
Dreipunkt-Biegeversuch
nach dem Versagen

*Test specimen in
three-point bending test after
failure Photo: Joachim Finzel*

TRC sandwich panels under impact loading

In this project, we investigated sandwich panels consisting of polyurethane-foam cores and textile reinforced concrete face layers, which can for example be used as façade elements. Besides the static load capacity, the behaviour of such structures under impact was examined. Quasi static tests demonstrated, that load bearing capacity and deformation behaviour predominantly depend on the density of the core material. Thus, material properties of the foam cores were assessed in additional bending and shear test setups.

To evaluate the absorption capacity of the material combinations with regard to an abrupt loading, impact tests in a falling-weight facility were conducted and monitored with piezo-electric force- and acceleration sensors. Dynamic failure loads amounted to 1.5 to 3 times the load in the static reference test. The crack growth rate could be estimated approximately with the high-speed camera recordings. The crack growth rate increases with higher elastic modulus, yet this increase is significantly lower than predicted by an idealized calculation model (Rayleigh-speed).

Failure of the structure can occur in different failure modes. The denser and stiffer the core material, the narrower is the damaged area. The use of high-density foams leads to a local punching of the lower TRC face layer. In specimens with medium-density foams, shear cracks form in a similar manner, yet propagating along the lower face towards the supports. In soft foam cores, no cracks occur, but the upper foam-concrete joint is sheared off.



Schubversuch an Polyurethanschaumkernen

Shear test on polyurethane-foam-cores

Photo: Joachim Finzel

Engineering calculation models are based on a separation of bending deformation and shear deformation. These models can depict well the elastic behaviour of the test specimens. Yet to model crack formation and the load bearing behaviour beyond the damage initiation, FE analysis is mandatory. For this purpose, a number of programs and material models were tested. The „crushable foam“-model according to Deshpande, which is implemented in Abaqus/Explicit, proved especially apt. This model has to be combined with a cohesive crack model to realistically model failure of the structure.

Titel | Title

Textilbeton-Sandwichplatten unter Stoßbelastung |
TRC sandwich panels under impact loading

Förderer | Funding

Institut für Massivbau, TU Dresden

Zeitraum | Period

fortlaufend | ongoing

Leiter | Project Manager

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

Bearbeiter | Contributors

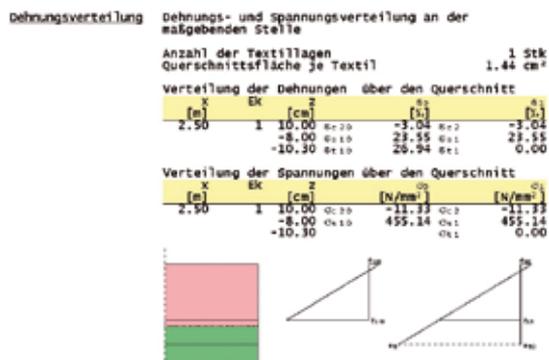
Joachim Finzel M.Sc.

Softwaremodul Textilbeton – Bemessung leicht gemacht!

Textilbeton als neuer Werkstoff für Ertüchtigung und Instandsetzung wird kaum die allgemeine Anerkennung finden, wenn ein entsprechendes Hilfsmittel zur Bemessung von Bauteilverstärkungen fehlt. Hierzu entsteht bei der Firma mb AEC GmbH aus Kaiserlautern für die etablierte Softwaresammlung BauStatik® ein Modul speziell ausgelegt für den Einsatz in Ingenieurbüros des deutschsprachigen Raums. Ebenfalls von der AiF gefördert, steht das Institut für Massivbau der Technischen Universität als wissenschaftlicher Partner zur Seite.

Das Modul basiert hauptsächlich auf den umfangreichen Ergebnissen des DFG-Sonderforschungsbereichs SFB 528. Momentan kann die Beta-version des Moduls bereits zur Bemessung von Verstärkungen biegebeanspruchter Bauteile herangezogen werden. Dabei erfolgt die Berechnung nach Anlage 5 der „Allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung für ein Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit TUDALIT (textilbewehrter Beton)“, die im Sommer 2014 vom DIBt erteilt wurde. Für die Nachweisführung werden die traditionellen Verfahren zur Biegebemessung von Stahlbetonbauteilen verwendet und teilweise erweitert.

Durch die schrittweise Abarbeitung obligatorischer Angaben zum System und den Einwirkungen können Querschnitts- und Materialwerte definiert werden, woraufhin die Berechnung der notwendigen Verstärkungsschichten initiiert wird. Weiterhin wurde das interaktive Hilfssystem zur Vermittlung der Grundlagen zum Verstärken mittels Textilbeton angepasst und es gibt zudem nützliche Hinweise zum Bemessungsalgorithmus. Die grafische



Spannungs- und Dehnungsverteilung im verstärkten Querschnitt

Stress-strain behavior of retrofitted cross section

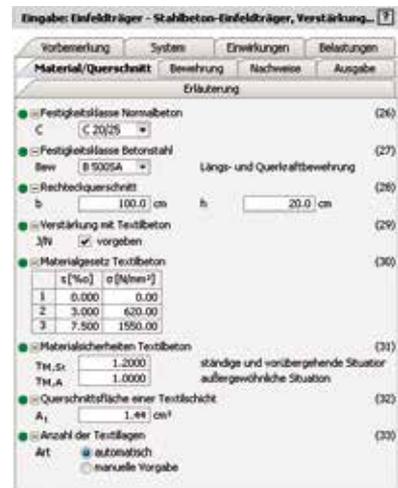
Ausgabe mittels Schnittgrößenverläufen oder Dehnungsverteilungen gehört ebenso dazu.

Das Institut für Massivbau engagiert sich momentan bei der redaktionellen Bearbeitung der Angaben des Hilfesystems. Weiterhin sind Lastszenarien erstellt worden, die zum Testen des in der Firma entstandenen Rechenkerns herangezogen werden müssen, um die Ergebnisse des Bemessungsmoduls zu validieren. Dabei werden spezielle Szenarien berücksichtigt, die für den Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit zu Konvergenzproblemen führen könnten, da es sich bei dem Bemessungsverfahren um einen iterativen Algorithmus handelt. Solcherart Probleme dürfen natürlich zur Programmauslieferung nicht mehr vorhanden sein, weshalb die Wichtigkeit dieses Arbeitsschritts nicht unterschätzt werden darf.

Software Module for Textile Reinforced Concrete – Design made easy!

Textile reinforced concrete (TRC), as a novel and innovative material with a high potential for rehabilitation and strengthening of structures, will not be accepted, if there is not a design tool suitable for this material. Therefore, a cooperative project between the Institute of Concrete Structures and the established software-company mb AEC Software GmbH, headquartered in Kaiserslautern, Germany, has been launched. The project aims to the development of a modularized add-on Software, named *Baustatik@* of the mentioned company, which is well accepted in the German speaking area.

The module is based on the extensive knowledge, which was gained in the DFG collaborative research center SFB 528. A beta version is currently available, which creates a design for the strengthening of structures under flexural loadings. The underlying algorithm was derived from the general design regulations, called "Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung für ein Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit TUDALIT (textilbewehrter Beton)". This regulation was issued in the summer of 2014 by the national institute for standardization DIBt. For verification, the traditional method for bending design of reinforced concrete structures is adopted and partially extended.



Eingabe von Material- und Querschnittswerten

Entering values of materials and cross section

By inputting mandatory system and loading properties, a process chain becomes possible which replaces default values and permits an instant design procedure. Furthermore, an interactive help system enables an adequate overview about the basics of TRC and its strengthening capabilities to the user. The system is illustrated in tabular and graphical format. The development of stress resultants and the strain distribution in the cross section is graphically printed out.

At present, the Institute of Concrete Structures is involved in the editorial work for the above-mentioned help system. Besides that, numerous test scenarios are designed to check the correctness of the implemented calculation routines. The scenarios were tested by different approaches to ensure a comparability of the results. Thereby, the alternative approach considers the ultimate limit state. With this assumption, and because of the iterative nature of the algorithm, problems of convergence are more likely to occur and so potential causes can be detected. This explains the importance of the validation step, because bugs shall be eliminated prior to launching of the module.

Titel | Title

Entwicklung einer Bemessungssoftware für Bauteilverstärkungen aus Textilbeton | *Development of a design software for strengthening structural components with TRC*

Förderer | Funding

Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V (AiF)

Zeitraum | Period

11.2012 – 04.2015

Leiter | Project Manager

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

Bearbeiter | Contributors

Dipl.-Ing. Jörg Weselek

Projektpartner | Project Partner

mb AEC Software GmbH, Kaiserslautern



DAS C³-PROJEKT



C³ – ein Projekt, ein neuer Baustoff, eine neue Art des Bauens

Das Projekt C³ – Wie alles begann

Bevölkerungswachstum, zu hoher Ressourcenverbrauch, gestiegene Anforderungen an die bauliche Infrastruktur – weltweit sind neue, innovative Lösungen für die drängenden Probleme der Menschheit gefragt. Welchen Beitrag können Bauingenieure zur Lösung der globalen Fragen auf der Erde leisten? Und ganz konkret: Wie können Hoch- und Infrastrukturbauwerke langlebiger und ressourceneffizienter werden?

Um Antworten auf diese Fragen zu finden und zu geben, wird im C³-Projekt der neue Baustoff Carbonbeton erforscht, Anwendungen entwickelt und in die Praxis überführt. Eine ganz neue, die C³-Bauweise, kann und wird das Bauen revolutionieren.



Ein Carbonbetonkleid – die etwas andere Materialstudie für Carbonbeton Foto: filmaton

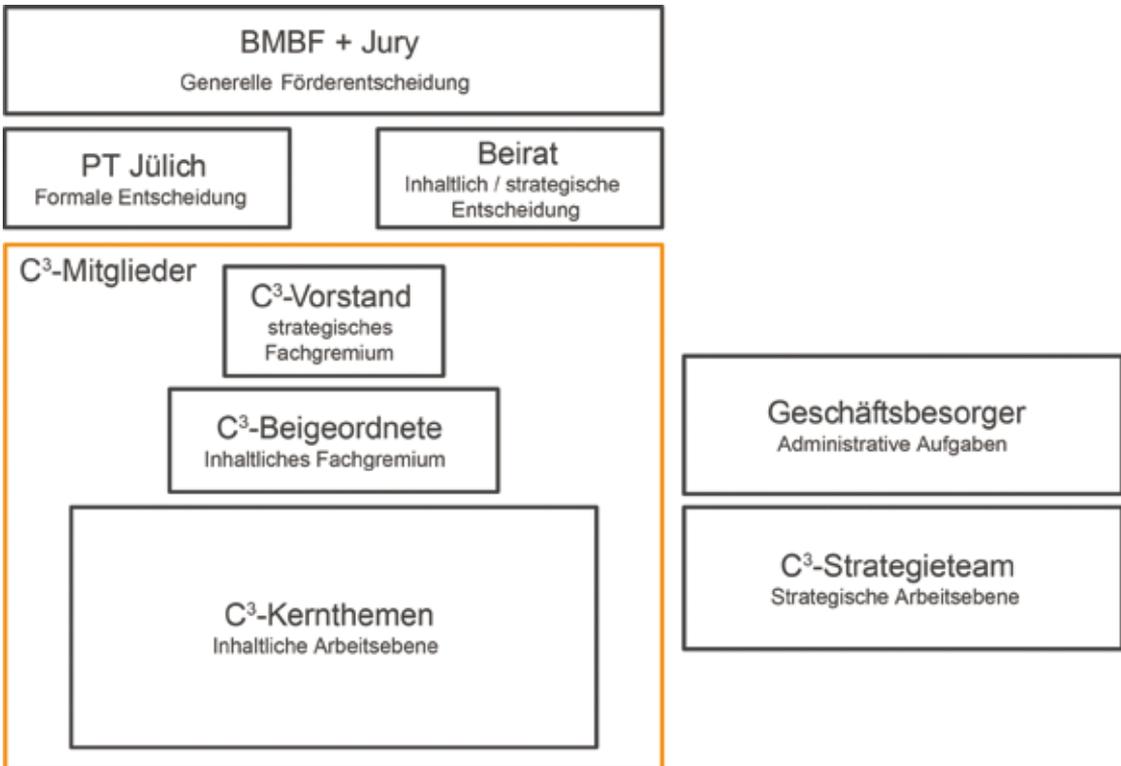
Das Projekt C³ wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen des Förderprogramms *Zwanzig20 – Partnerschaft für Innovation* gefördert. 45 Millionen Euro stehen bis 2020 bereit, um Zukunftsthemen und zukünftige Bedarfsfelder zu identifizieren und konkrete, wirtschaftlich tragfähige Lösungen zu erarbeiten. Dazu kommen mehr als 20 Millionen Euro aus Eigenleistungen der beteiligten Partner – mittlerweile haben sich im Konsortium 110 Firmen, Wissenschaftseinrichtungen sowie Verbände und Vereine zusammengefunden.

Im Januar 2014 startete das C³-Projekt. Die im Initialkonzept aufgestellten Thesen wurden validiert, der Rahmen für das weitere Vorgehen abgesteckt. Die gesamte Breite und Tiefe des Themenraums wurden tiefgründiger beleuchtet, um die Potenziale, aber auch die kritischen Faktoren deutlich herauszuarbeiten. Vision und Mission des Projektes wurden formuliert, die Zielstellungen präzisiert und die daraus resultierenden Maßnahmen skizziert. Ein Management- und Organisationskonzept, das die Partner strukturiert vernetzt, wurde entwickelt und eine Umsetzungsstrategie entworfen. Ein Kommunikationskonzept gibt in Zukunft die Richtung der internen und externen Kommunikation vor.

Die gemeinsame Vision

Die Überlegungen, an die das Initialkonzept anknüpft, beruhen zu großen Teilen auf der Forschungserfahrung zum Textilbeton, in der das textile Gelege, der Beton sowie deren Kombination untersucht und deren Leistungsfähigkeit erforscht wurden. Das Ergebnis dieser Untersuchung lautet:

Das Anwendungsspektrum von C³-Carbonbeton geht weit über die reine Substitution von Stahl hinaus. Mit der Entwicklung und Markteinführung der neuen C³-Bauweise erhält Carbonbeton Bedeutung als nachhaltiger, also gesellschaftlich relevanter, ökologisch sinnvoller und wirtschaftlich bedeutsamer Baustoff. Auch Großbauwerke wie Brücken sollen in der zukunftsweisenden Bauweise errichtet werden können.

Organisation und Entscheidungsgremien im C³-Konsortium

Der Paradigmenwechsel im Bauwesen – so die Vision der Projektbeteiligten – beginnt 2020. Bis dahin werden im C³-Projekt alle Voraussetzungen geschaffen, um die C³-Bauweise einzuführen. Ab 2025 wird die Marktwirksamkeit für C³ erreicht sein. Dieser Prozess ist unumkehrbar. Die C³-Bauweise wird sich dauerhaft etablieren und Deutschland wird bis 2025 weltweit zum Technologieführer für die C³-Bauweise.

Die Mission

Damit diese Vision wahr wird, müssen neben der reinen Produktentwicklung alle relevanten Themen wie Gesundheit, Aus- und Weiterbildung, Recycling und Lebenszyklus betrachtet werden. Gleichzeitig sind neue Produktionsprozesse zu definieren und einzuführen. Die entscheidenden Schritte der Wertschöpfung sollen in Ostdeutschland verankert werden. Das fördert die Entstehung neuer Arbeitsplätze und stärkt den Technologiestandort Deutschland. Die Schlüsselkompetenzen liegen in den Bereichen Materialverbundeigenschaften, hocheffiziente Herstellungstechnologien sowie intelligente Anwendungen.

Der Slogan des C³-Projektes – *Bauen neu denken* – ist Programm: Prägende Denkmuster im Bauwesen sollen überwunden, neue Innovations- und Managementkonzepte bei der Forschung und in der Anwendung von Carbonbeton sollen erarbeitet und umgesetzt werden. Dabei muss garantiert sein, dass C³ seine Vorteile sowohl in ökologischer als auch in ökonomischer Hinsicht ausspielen kann. Architekten, Ingenieure, Natur- und Wirtschaftswissenschaftler werden diese Entwicklung in den interdisziplinär angelegten Prozessen im C³-Projekt mitgestalten.

Die Partner – Entwicklung und Struktur

Die Partner im C³-Projekt stehen für herausragende wissenschaftliche, technologische sowie unternehmerische Kompetenz, für überregionale und interdisziplinäre Innovationskooperation. Derzeit sind im C³-Konsortium 110 Partner vertreten. Ihre zunehmende Vernetzung ist ein wesentliches Anforderungskriterium des Fördermittelgebers. Das C³-Netzwerk soll über das Jahr 2020 hinaus verstetigt werden. Um alle Partner einzubinden, braucht es Strukturen und Entscheidungsgremien.



Vorstand des C³ e.V., von links nach rechts:
 Prof. Frank Hülsmeier, Ulrich Assmann, Prof. Manfred
 Curbach, Jöran Pfuhl, Prof. Klaus Raps Foto: Sylke Scholz

en, die die Kompetenzen und Leistungsfähigkeit der Akteure intelligent einsetzen.

Die Verbindung aller Partner des C³-Konsortiums wird über die Rechtsform eines eingetragenen Vereins (e.V.) geregelt. Dieser bildet den Kern der Organisationsstruktur. Der Verein selbst wird durch seinen Vorstand repräsentiert. Die Zusammensetzung des Vorstandes spiegelt die Mitgliederstruktur wieder: gewählter Vorstand ist Prof. Manfred Curbach (Institut für Massivbau der TU Dresden), Vorsitzender und Sprecher ist Prof. Klaus Raps (Honorarprofessor für Unternehmensführung in der Bauindustrie, TU Dresden), Ulrich Assmann (Vorstand der TUDAG – TU Dresden Aktiengesellschaft) agiert als stellvertretender Vorsitzender. Weitere Mitglieder sind Prof. Frank Hülsmeier (HTWK Leipzig) und Jöran Pfuhl (Geschäftsführer P-D Glasseiden GmbH Oschatz). Der Vorstand trifft Entscheidungen in Hinblick auf die Ausrichtung und die inhaltlichen Schwerpunkte des Projektes. Erarbeitet werden die Strategie- und Umsetzungskonzepte von einem sog. Strategieteam. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Strategieteams bringen unterschiedliche berufliche Erfahrungen und fachliche Kompetenzen in das C³-Projekt ein. Die Aufgaben

des operativen Geschäfts innerhalb des Vereins nimmt ein Geschäftsbesorger, die Gesellschaft für Wissens- und Technologietransfer (GWT) der TU Dresden Aktiengesellschaft (TUDAG), wahr. Beigeordnete bewerten die Vorhabeninhalte aus fachlicher Sicht. Die Beigeordneten repräsentieren die aktuell acht Kompetenzbereiche – Chemie, Carbon, Elektrotechnik, Werkstoffe, Maschinenbau, Ingenieurwissen, Normung und Verarbeiter. Dieses Gremium kann durch Mitgliedervotum erweitert werden, um zusätzliche Kompetenzen einfließen zu lassen.

Außerhalb der Vereinsstruktur erfüllt ein Beirat die Funktion des kritischen Ratgebers und inhaltlichen Wegweisers für das C³-Konsortium. Seine zehn Mitglieder, vertreten durch den Vorsitzenden, Gerhard Breitschaft (Präsident des Deutschen Instituts für Bautechnik) und seinen Stellvertreter,

Prof. Harald Budelmann (Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz, TU Braunschweig), identifizieren sich mit dem Thema C³ und unterstützen mit ihrer Fachkompetenz die Auswahl der Vorhaben.

Die Spezifizierung der Zielstellung

Um den angedachten Paradigmenwechsel im Bauwesen einzuläuten, bedarf es einer sorgfältigen Planung von noch erforderlicher Grundlagenforschung, anwendungsorientierter Forschung und einer ausgefeilten Strategie für Information, Kommunikation sowie Wissenstransfer. Aufbauend auf der Mission wurden Arbeitsfelder identifiziert und in ein strategisches Konzept gegossen. In diesem sind Rahmen und Inhalte für das weitere Vorgehen definiert. Das strategische Konzept beinhaltet wissenschaftlich, wirtschaftlich sowie technisch untermauerte und belastbare Management- und Organisationskonzepte, Konzepte für die interne und externe Kommunikation, Konzepte zum Innovationsmanagement und zu Umsetzungsstrategien, die in einer Roadmap abgebildet sind. Diese soll als Leitplanke für die Arbeit der kommenden Jahre fungieren.

Das C³-Projekt verfolgt folgende Hauptziele:

- ❑ Steigerung der Leistungsfähigkeit und Dauerhaftigkeit der C3-Materialkombination,
- ❑ Verbesserung der Herstellungsprozesse und Senkung der Gesamtkosten,
- ❑ Steigerung der Innovationskraft in komplexen Wertschöpfungsketten für die Entwicklung von neuartigen Produkten, Prozessen und Geschäftsmodellen,
- ❑ Schaffung und Verankerung zusätzlicher Arbeitsplätze in Deutschland,
- ❑ Ausbau, Ansiedlung, Neugründung und Vernetzung von Unternehmen entlang der gesamten Wertschöpfungskette – von den Grundmaterialien bis zum fertigen Bauwerk,
- ❑ Bereitstellung von Bildungsangeboten (Aus- und Weiterbildung) für alle wertschöpfungsrelevanten Etappen und Überführung in neue Berufsbilder,
- ❑ Recyclebare Gestaltung der Materialien und Konstruktionen und
- ❑ Etablierung als Leitanbieter für Carbonbeton weltweit.

Die Handlungsschwerpunkte

Die konkreten Arbeitsthemen ab 2015 sind:

Bewehrung: Neben der Weiterentwicklung der textilen Gelege werden vor allem dickere, zum Teil stabförmige Bewehrungen für einen Einsatz mit und ohne Vorspannung entwickelt. Auch die Konstruktion geeigneter Einbauteile ist ein Schwerpunkt im Projekt. Zudem werden für all diese Entwicklungen geeignete Beschichtungssysteme geschaffen.

Beton: Die in der bisherigen Grundlagenforschung entwickelten Betone werden zur Praxisreife gebracht. Des Weiteren werden vollkommen neue Matrixkombinationen mit neuartigen Bindemittelzusammensetzungen erschaffen.

Produktion: Es werden sowohl Herstellprozesse für die Bewehrung, den Beton als auch für Carbonbetonbauteile entwickelt und optimiert. Betrachtet werden sowohl Fertigteile als auch Ort betonbauteile.

Produkte: Um immer neue Anwendungsgebiete bzw. Produktfelder abzuleiten, werden Marktinteressen und der Entwicklungsstand

von Carbonbeton iterativ abgeglichen. Mit fortschreitender Projektlaufzeit werden die Vorhaben mehr und mehr auf die gemeinsam identifizierten Anwendungsgebiete/Produktfelder gelenkt.

Multifunktionalität und Zusatzfunktionen:

Multifunktionalität hat in diesem Projekt großes Gewicht. Im Fokus der Betrachtungen liegen vor allem das Monitoring und integrierte Heizelemente. Diese werden zur Praxisreife geführt. Aufgerufen werden jedoch auch die Themen Energiespeicherung und -gewinnung sowie Beleuchtung. Für diese Anwendungen werden die Machbarkeit geprüft und Grundlagen für die Anwendung geschaffen.

Neue Bauweise: Um neue, langlebige und flexible Baukonstruktionen zu schaffen, deren Ästhetik kommende Generationen ebenso anspricht wie uns heute, werden Planer, Architekten, Experten der Baugeschichte und Designer schon frühzeitig in die Material- und Konstruktionsentwicklung eingebunden. Gestaltungsprinzipien und Schalungssysteme werden erforscht, um neue Formensprachen im Bauwesen zu kreieren.

Standardisierung: Die Standardisierung von Produktions- und Verarbeitungsmethoden, aber auch der Mess- und Prüfverfahren wird aktiv gestaltet, um u. a. eine hohe Produktionsqualität zu erreichen und Grundlagen für spätere Zulassungen, Richtlinien und Normen zu schaffen.

Richtlinien, Normen und Zertifizierung: Es werden Standards geschaffen und die Vereinbarkeit von Berechnungsverfahren und Prüfkonzepten hergestellt. Inwieweit kann Carbonbeton in bestehende Regelwerke integriert werden? An welchen Stellen sind neue Regelwerke zu schaffen? Die zuständigen Behörden, Gremien und Ausschüsse werden dabei frühzeitig eingebunden.

Abstandhalter für textile Bewehrung
Foto: filmaton



Carbonfilamente Foto: filmaton

Gesundheit, Arbeitsschutz und Umwelt: Die Wirkungen von Carbonbeton und dessen Verarbeitung auf die Gesundheit sowie die Umwelt werden untersucht. Auf Basis dieser Untersuchungen werden u. a. Arbeits- und Umweltschutzmaßnahmen abgeleitet und die bisherigen Schutzmaßnahmen ggf. angepasst.

Innovationen: Workshops, Individualvorhaben und Ideensammlungen fördern die Entstehung und Ausarbeitung kreativer Ideen. Dabei wird gezielt in benachbarten Branchen nach Antworten auf eigene Fragestellungen gesucht. Bestehende Technologien werden im Sinne von C³ neu interpretiert und adaptiert. Einer transparenten Auswahl folgt eine zielorientierte Planung und Umsetzung in Zusammenarbeit mit Experten aus dem technischen und wirtschaftlichen Bereich.

Netzwerk in Deutschland: Ein für alle Kompetenzbereiche, Unternehmen und Forschungseinrichtungen offenes C³-Konsortium fördert mit zahlreichen Workshops und weiteren Veranstaltungen die Netzwerkbildung. Gezielt interdisziplinär angelegte Vorhaben mit abgestimmter Partnerzusammensetzung stärken diesen Verbund.

Vertrauen und Bekanntheitsgrad: Das Vertrauen wird in erster Linie durch eine zielgruppenorientierte Kommunikation geschaffen. Angemessene Prüfungsmethoden sowie Bemessungs- und Konstruktionsgrundsätze werden zielgruppengerecht aufgearbeitet und kommuniziert. Es werden Demonstrationsobjekte und -vorhaben geschaffen, die die Anwendbarkeit belegen sowie die hohen Sicherheits- und Qualitätsstandards zeigen. Die breite Masse der am Bau Beteiligten wird durch eine gezielte Öffentlichkeitsarbeit informiert.

Aus- und Weiterbildung: Im C³-Projekt werden auf wissenschaftlicher Basis neuartige, der C³-Bauweise „auf den Leib geschneiderte“ Aus- und Weiterbildungskonzepte erstellt. Diese Konzepte umfassen die Berufsausbildung genauso wie das Studium und berufs begleitende Angebote. Die Konzepte werden anhand von Testlehrgängen validiert sowie über die Projektlaufzeit hinaus weiter optimiert und schrittweise in die Praxis überführt.

Die Umsetzungsstrategie

Das C³-Projekt ist sehr komplex. Nur eine Umsetzungsstrategie, die inkrementell und

iterativ Zwischenergebnisse erzeugt und diese in etablierten Prozessen verwertet und weiterentwickelt, kann zum Erfolg führen. Es werden vier Iterationsschritte eingeführt, um die Themenfelder fortwährend zu bearbeiten:

Trends und Hemmnisse erkennen: In Workshops, durch Trendanalysen und mit Szenario-Methoden werden unter Führung des Strategieteams neue Marktanforderungen und Technologieergebnisse fortwährend in Beziehung zu den momentanen Stoßrichtungen gesetzt. So können aus dem Konsortium heraus neue Entwicklungen (Teilergebnisse aus den Projekten) und Hemmnisse (Marktpräferenzen) für die C³-Bauweise frühzeitig erkannt und entsprechende Maßnahmen und Fragestellungen definiert werden.

Ideen zulassen: Ziel ist es, Denkräume zu schaffen, in denen Partner zusammenfinden und Ideen und Lösungen im Sinne der definierten Ziele bzw. der Vision entwickeln. Die gemeinsam erarbeiteten Fragestellungen und Maßnahmen werden an das Konsortium zurückgegeben und in Workshops diskutiert. Die verschiedenen Kompetenzen aus Wissenschaft und Wirtschaft ergänzen sich. So schälen sich bei klarer Fokussierung auf den Problemraum neue Vorhabensskizzen heraus. Neben diesem festen Rahmen erhalten weitere kreative und aussichtsreiche Ideen die Chance auf Verwirklichung.

Ideen verwirklichen: Die erarbeiteten Vorhabensskizzen werden intern strategisch und fachlich

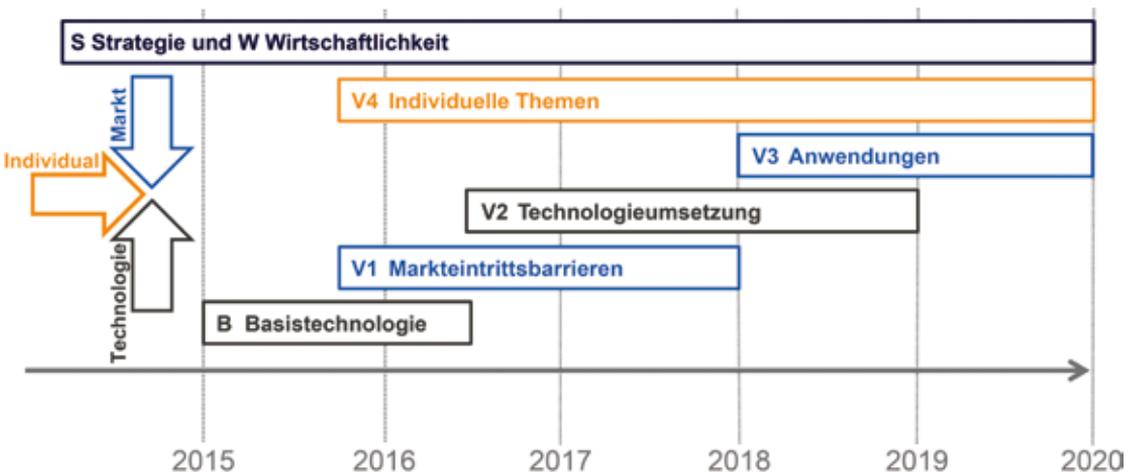
bewertet und anschließend in einen zeitlichen und finanziellen Rahmen eingeordnet.

Vorhaben vernetzen und Iterationen durchführen: Die laufenden Vorhaben werden controlt, um Kosten- und Zeitrahmen sowie den Fortschritt systematisch zu überblicken. Neue Erkenntnisse, Lösungen sowie Probleme sollen durch Interaktion der verschiedenen Vorhaben noch während ihrer Laufzeit ausgetauscht und verwertet werden. Dies geschieht in regelmäßigen Treffen der einzelnen Vertreter der Vorhaben. Die Meilensteinergebnisse werden, bewertet nach ihrer Anschlussfähigkeit und dem Reifegrad, dem Konsortium zentral zur Verfügung gestellt. Die Partner nutzen diese, um neue Fragestellungen und Maßnahmen zu definieren und den iterativen Prozess von neuem zu beginnen.

Die Roadmap

Eine Roadmap visualisiert die Umsetzungsstrategie und sichert den Überblick während der Umsetzung eines Projektes. Fragestellungen und Maßnahmen werden zeitlich eingeordnet. Daraus ergeben sich Vorhaben, welche innerhalb des Gesamtprojektes in sogenannte Förderlinien eingeordnet werden. Die Förderlinien definieren wiederum einen zeitlichen und finanziellen Rahmen.

Die strategisch und wirtschaftlich orientierte Förderlinie – Strategie S & Wirtschaftlichkeit W – greift immer wieder Fragestellungen und neue



Roadmap



Austausch und Diskussion bei einem C³-Workshop Foto: Jörg Singer/filmaton

Erkenntnisse aus dem Markt und den Projekten auf und gibt diese strukturiert zurück in das Konsortium. Hier findet die strategische wie auch operative Steuerung statt, Marktforschungen werden durchgeführt und die Kommunikation intern wie auch extern gesteuert.

Die Hauptvorhaben werden nochmals unterteilt in technologieorientierte Vorhaben – Förderlinie Basisvorhaben B und Förderlinie Technologieumsetzung V2 – und marktorientierte Vorhaben – wieder Förderlinie Technologieumsetzung V2 und Förderlinie Anwendungen V3. In B & V2 werden grundlegende Technologien entwickelt, wie beispielsweise Beschichtungen, Betone, Sicherheits- und Bemessungskonzepte oder die Multifunktionalität für die C³-Bauweise. Marktorientierte Vorhaben innerhalb von V2 & V3 beseitigen erkannte Markteintrittsbarrieren und behandeln Themenfelder wie z. B. effiziente Produktionstechnologien, Gesundheit, Aus- und Weiterbildung und Recycling.

Durch die Förderlinie Individualvorhaben V4 ergibt sich ein Spielraum für neue Ideen. Sie gewährt den Partnern die Möglichkeit, parallel zur Erarbeitung der Kernthemen eigene individuelle Themen für die C³-Bauweise einzubringen.

Diese Förderlinien werden entsprechend der Umsetzungsstrategie mit Vorhaben belebt. Es ergaben sich bereits Basisvorhaben B, welche im Frühjahr 2015 beginnen werden:

Das **Verbundvorhaben B1 Beschichtungen und Bewehrungsstrukturen für den Carbonbetonbau** wird ein umfassendes Verständnis über das Zusammenspiel zwischen Faser, Schlichte, Beschichtung und Betonmatrix bezüglich Verbundverhalten, Langzeit- und Temperaturverhalten sowie Umformbarkeit für eine flexiblere, kraftflussgerechte Bewehrungsführung hervorbringen. Die Entwicklung neuer Rezepturen für die Oberflächenbeschichtung wird die Temperatur- als auch Brandbeständigkeit deutlich erhöhen.

Das **Verbundvorhaben B2 Nachhaltige Bindemittel und Betone für die Zukunft** widmet sich der Konzeption und Herstellung von robusten, kostengünstigen und nachhaltigen Betonmatrizes sowie von Bewertungskriterien zu ökonomischen und ökologischen Auswirkungen für den Einsatz in C³.

Das **Verbundvorhaben B3 Konstruktionsgrundsätze, Sicherheits- und Bemessungskonzepte sowie standardisierte Prüfmethode für Carbonbeton** hat den Anspruch, die Materialprüfungen

und Tragfähigkeitsbeurteilungen zu standardisieren, Bemessungs- und Sicherheitskonzepte zu entwerfen und Konstruktionsgrundsätze abzuleiten. Bausteine einer Berechnungssoftware werden entworfen und ein technisches Informationssystem für Materialcharakteristiken entworfen.

Im **Verbundvorhaben B4 Multifunktionale Bauteile** werden das Monitoring der Gebäudehülle, die Energiegewinnung und -speicherung, die Beleuchtung sowie das Potenzial lichtleitender Fasern untersucht werden. Zudem sollen Prototypen entwickelt werden.

Zukunftsträchtige und erfolgversprechende Themen aus diesen Basisvorhaben sollen dann in der *V2-Förderlinie Technologieumsetzung* weitergeführt werden. Weiterhin wurden bereits Vorhaben für die marktorientierte *Förderlinie V1 – Markteintrittsbarrieren* skizziert. Sie unterteilen sich in Produktion, Normung, Gesundheit, Aus- und Weiterbildung und Recycling.

Angela Reute | Dominik Schlüter

Titel

Strategieprojekt S1 innerhalb des Großprojekts C³ – Carbon Concrete Composite

Förderer

Bundesministerium für Bildung und Forschung
Projektträger: Forschungszentrum Jülich GmbH

Zeitraum

C³: 09.2013 – 2020
S1: 09.2013 – 06.2015

Leiter S1

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

Geschäftsführer S1

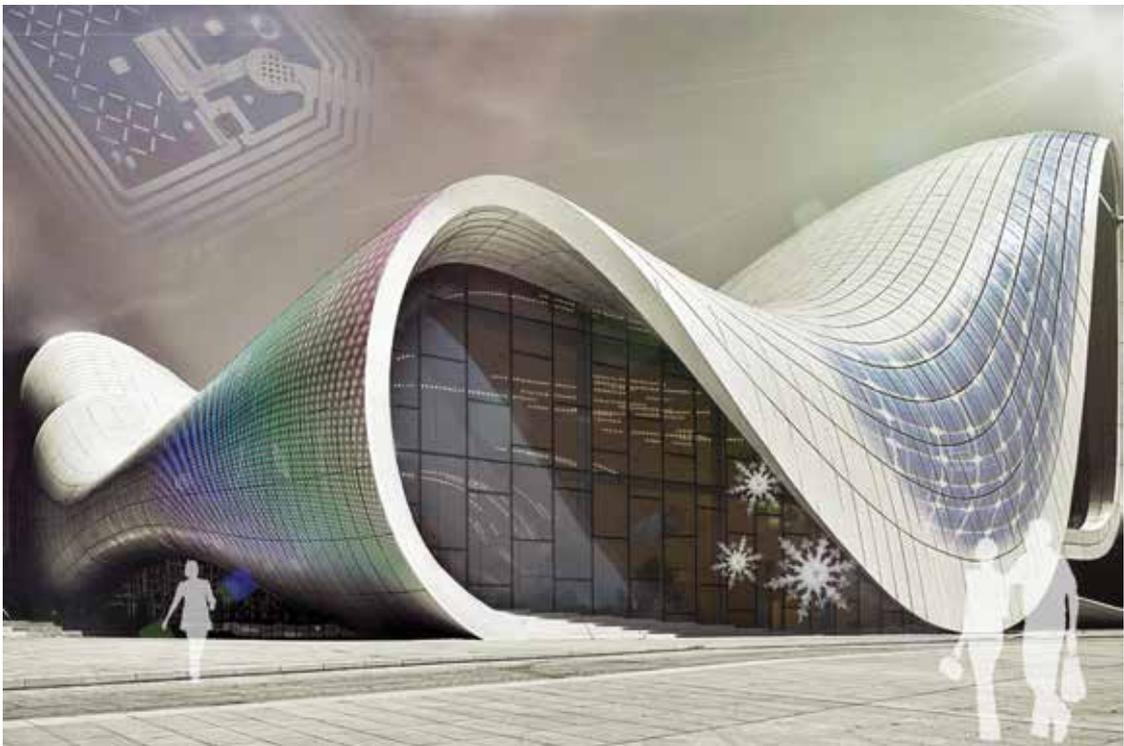
Dr.-Ing. Frank Schladitz

Bearbeiter S1

Dr.-Ing. Frank Schladitz, Dr.-Ing. Matthias Lieboldt, Dipl.-Ing. (FH) Alexander Kahnt, Dipl.-Sprachmittlerin Angela Reute, Dipl.-Ing. Dominik Schlüter, Dipl.-Wirtsch.-Ing. (FH) Matthias Tietze

Projektpartner C³

Konsortium aus derzeit 110 Firmen, Verbänden und Institutionen



Die Vision – eine neue Art des Bauens Grafik: HTWK Leipzig

Constructing the future

The new composite material of carbon and high performance concrete, called Carbon Concrete Composite – C³, is a milestone on the way to reduce energy and resource consumption, to increase the reliability of buildings and to ensure mobility. It combines advantages such as a higher life expectancy, energy and resource savings, a reduction of carbon dioxide emission, multifunctionality, providing new jobs and an increase in values.

“Twenty20 – Partnership for Innovation”, a programme initiated by the Federal Ministry of Education and Research in order to achieve these goals, now provides an opportunity to implement the Dresden- and Aachen-born ideas regarding C³. The project continues the research of textile reinforced concrete and thus enters a new dimension.

The main problem is that more and more buildings are becoming a security risk and a strain on the economy. For examples bridges: the economic damage caused by diversions and congestion due to bridge crossing restrictions in Germany is currently estimated to 2 billion euros a year.

Furthermore, there are also many existing buildings in need of repair, which is mainly induced by corroding steel reinforcement that is also responsible for most of the maintenance costs. Additionally, reinforced steel has a limited life of only 40 to 80 years and therefore causes a high consumption of resources.

Thus, in the future it will be absolutely necessary in many areas to replace steel reinforcement by a reinforcement that does not have a tendency to corrode. In addition, increased usage requirements for buildings and other numerous damages are causing further maintenance costs that are barely affordable. It is high time and socially important to introduce new and flexible, long-lasting and function-integrating as well as multifunctional building materials in the future. The next generation of concrete buildings is to be built with carbon concrete. This resource-saving composite material possesses not only a high stability but is also easily ductile and multifunctional. All partners involved in the project C³ have the goal to replace

approximately 20 % of steel reinforcement with carbon reinforcement within the next ten years.

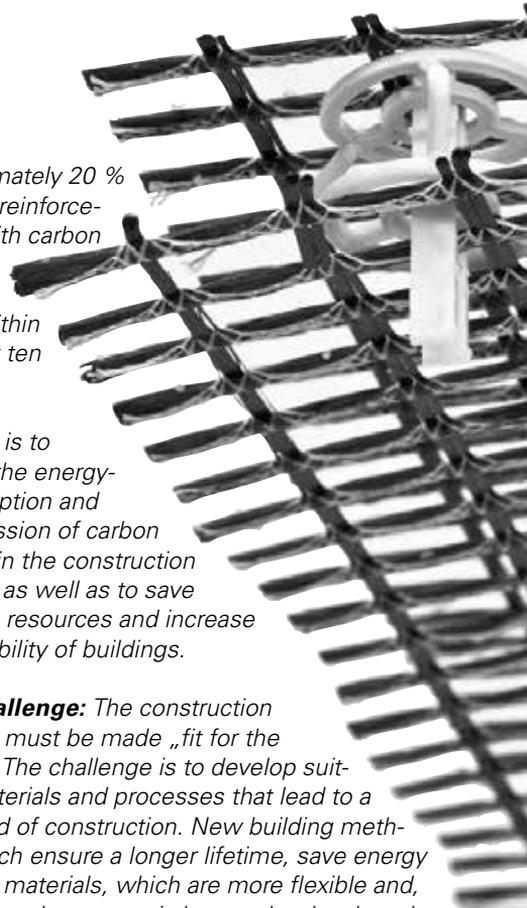
The aim is to reduce the energy-consumption and the emission of carbon dioxide in the construction process as well as to save valuable resources and increase the reliability of buildings.

The Challenge: The construction industry must be made „fit for the future“! The challenge is to develop suitable materials and processes that lead to a new kind of construction. New building methods which ensure a longer lifetime, save energy and raw materials, which are more flexible and, consequently, economic have to be developed.

The Material: C³ – Carbon Concrete Composite is able to face this challenge. With carbon we have a high-performance reinforcement material for the construction and rehabilitation of buildings. Carbon is resistant against corrosion and other chemical and physical influences as well as thermally and electrically conductive. Reinforcement bars or textile reinforcements can be made from this material.

The Vision: Our Vision is to widely establish “A new kind of construction for the challenges of the future” by 2025. Therefore we support the development of all the necessary key process technologies within the next 5 years. A market, which leads to a self-enhancing process, will be established until then.

The Goals: A list of measurable main goals was defined. Until 2020 we will create all the necessary conditions to meet these goals. We will develop the performance and durability of the material and taking forward the material recy-





Textile reinforcement made of carbon yarn with spacers Photo: filmaton

cling, we will reduce the total cost as well as the production time, we will provide a new source of employment.

The Measures: In order to meet the defined goals, numerous strategic and technologic gaps have to be closed. We imaged the complete value creation chain from reinforcement up to communication to define the gaps. Specific questions and measures were formulated in order to close these gaps. These questions and measures are given back to the partners, who initiate new research projects.

The Management: Management structures have to be created in order to bundle the different competences and capacities of our partners. A lean management was established to steer the project effectively in the direction of our strategic and economic goals.

The Communication: With a focused communication and a safe online platform, our partners are closely linked. Mutual trust and support is

built up. For the external communication target groups, e. g. comprising specialists and consumers, were defined. This external communication establishes Germany as the lead market for the C³-construction.

The Management of Innovation: In order to create a new kind of construction, the building industry needs innovations. In a cross-sector structure new ideas can be generated. In a safe environment these ideas can be developed and partners for the realization can be acquired. With a focus on the vision, new ideas will be selected, integrated into the overall concept and brought to market maturity.

The Implementation: Four individual steps will guarantee the implementation of C³. The steps "identify opportunities and constraints", "encourage unconventional ideas", "realize ideas", and "evaluate results" are incrementally repeated. This continuous process is able to adjust the strategy smoothly to economic and technical changes over the entire five-year term.

Mit Carbonbeton die Zukunft gestalten

Die Zukunft treibt ihn um. Weil wir die Erde von unseren Eltern nicht geerbt, sondern sie von unseren Kindern nur geliehen haben, wie die alte Indianerweisheit es so treffend auf den Punkt bringt. Also macht sich Manfred Curbach Gedanken über das Morgen. Als Bauingenieur versteht er es, harte Fakten mit Visionen zu verbinden – Massivbauer sind ja eher die praktischen Visionäre und von Haus aus nicht Berufsvisionäre.

Visionen mit handfesten Fakten passen da schon besser. Im Falle von Prof. Manfred Curbach öffnen sich beim Blick in die Zukunft wenigstens zwei Fenster mit ähnlicher Perspektive. Der eine Ausblick beruht auf einem recht einfachen Rechenexempel. „Der Wert der in Deutschland vorhandenen Bauwerke beträgt etwa 25 Billionen Euro – eine schier unvorstellbare Zahl!“ sagt er und rechnet die Zahl in nachvollziehbare Dimensionen herunter: Wenn wir annehmen, dass jedes Bauwerk im Mittel 100 Jahre hält, bräuchten wir für den Ersatzneubau jedes Jahr 250 Milliarden Euro – eine immer noch unvorstellbare und wohl auch unrealistische Summe. Aber wie kann man das Dilemma lösen?

Man müsste so bauen, dass die Bauwerke länger halten! Eine Verdoppelung der Lebensdauer auf 200 Jahre hält Prof. Curbach für wünschenswert. Ob es auch machbar ist, angesichts von (zugegeben: seltenen) Fällen einer Sanierung schon vor Übergabe an den Nutzer? „Natürlich ist das eine Riesenherausforderung!“, weiß Curbach – aber er kennt auch einen Weg. Carbonbeton ist der neue Baustoff, der eine andere Art zu konstruieren, zu bauen und zu leben möglich macht.

In einem großen Vorhaben, das das Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen des Förderprogramms „Zwanzig20 – Partnerschaft für Innovation“ mit 45 Millionen Euro fördert, wird dieser neue Verbundwerkstoff als Carbon Concrete Composite gerade entwickelt. Carbon soll den Stahl im Stahlbeton ersetzen – dem mit über 100 Millionen verbauten Kubikmetern im Jahr wichtigsten Baustoff Deutschlands. Curbach schätzt, dass in den nächsten zehn Jahren ca. 20 % der bisher üblichen Stahlbewehrung durch Carbonbewehrung ersetzt werden können.

Carbonbeton garantiert aber nicht nur längere Haltbarkeit, es macht auch ein anderes Bauen möglich. Filigrane, leichte, ästhetische Bauten sollen das Bild unserer Städte und Landschaften prägen. Weniger Energieverbrauch und einen reduzierter CO₂-Ausstoß erhoffen sich die Dresdner Forscher, die den Baustoff der Zukunft mit Wissenschaftlern und Praxispartnern aus ganz Deutschland angehen – über 90 Mitglieder zählt der Verein C³ Carbon Concrete Composite bereits.

Für die Zukunft ist gesorgt, doch was ist mit der Gegenwart? Da hilft der Blick aus dem zweiten der eingangs erwähnten Fenster! Und vielleicht auch ein kurzer Blick zurück, denn die Idee vom Carbonbeton hat natürlich ihre Vorläufer. Da geht es quasi um Visionen von vor fast 20 Jahren, die mittlerweile den Realitätscheck bestanden haben: Damals entwickelten Dresdner Forscher um den Textilmaschinenbauer Peter Offermann und den Massivbauer Manfred Curbach Textilbeton. Glasfasern und später auch Carbon ersetzten als Gelege den Stahl. Den braucht der Beton übrigens, weil er zwar gut auf Druck reagiert, aber schwach beim Zug ist – Zugkräfte abzutragen ist allerdings eine Stärke sowohl des Stahls als auch der technischen Textilien wie Glasfaser oder Carbon. Und da die im Gegensatz zum Stahl nicht rosten, spart man sich Beton als Korrosionsschutz.

Mit diesen Eigenschaften kann Textilbeton extrem dünn sein und hervorragend vorhandene Bausubstanz verstärken und ertüchtigen: Das Dach eines Hörsaalgebäudes in Schweinfurt, das Gewölbe des Finanzamts in Zwickau und riesige Zuckersilos in Uelzen sind bereits erfolgreich mit Textilbeton saniert worden – und das war erst der Anfang: Ein Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit TUDALIT® hat soeben vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) in Berlin die bauaufsichtliche Zulassung erhalten, was die unkomplizierte Anwendung in der Praxis erst möglich macht.

Beim Verstärken hat somit die Zukunft des neuen Bauens schon begonnen...

*Ulrich van Stipriaan
Erschienen am 24.10.2014 in der Beilage „Wissen schafft Exzellenz“ in der Süddeutschen Zeitung*







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 betreuen überwiegend Lehrveranstaltungen der Diplom- und Diplom- aufbaustudiengänge Bauingenieurwesen und des Masterstudiengangs „Advanced Computational and Civil Engineering Structural Studies (ACCESS)“. Überdies werden Lehrveranstaltungen

für die Bachelorstudiengänge Wasserwirtschaft 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. 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.

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 Trag-

verhaltens 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, Konstruktion 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. Harald Michler, Dr.-Ing. Silke Scheerer,
Dr.-Ing. Kerstin Speck, Dipl.-Ing. Michael Frenzel,
Dipl.-Ing. Matthias Quast

- 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



Entwurf von Massivbauwerken – Hörsaalgebäude
 Belegarbeit von Sebastian Weise / Jan Cramer / Simon Pinther / Ruben Heiming

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.

**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

- 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.

- 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 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 (Unterwasserbeton, Walzbeton u. a.), die Dauerhaftigkeitsprognose und -bemessung für Wasserbauwerke sowie deren Schutz und Instandsetzung. Sie wissen um die Auswirkungen von Hydratationswärme, Temperaturspannungen, Zwangs- und Eigen-

spannungszuständen sowie um die Rissbildung und Rissbreitenbeschränkung. Des Weiteren herrschen 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. Wiederverwertung zu beurteilen. Darüber hinaus besitzen sie Kenntnisse über umweltschonende Herstell- und Recyclingtechnologien für Massenbaustoffe ein-

schließlich 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).

Computational Engineering im Massivbau (BIW 4-65)

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

7. Semester: 2 SWS Vorlesung und 1 SWS Übung

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. Regine Ortlepp, 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)

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

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 Stahlverbundbauweise und ausgewählte Konstruktionsdetails von Brücken.

Ziel dieses Moduls ist die Beherrschung von Planungs-, Entwurfs-, Berechnungs- und Kon-

struktionsgrundlagen 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

1 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 selbständig zu konstruieren und zu bemessen. Sie kennen Problemstellungen und Lösungsansätze für einige spezielle Anwendungen.



Umsetzung der Theorie in der Praxis bei der Brückenexkursion Foto: Robert Zobel

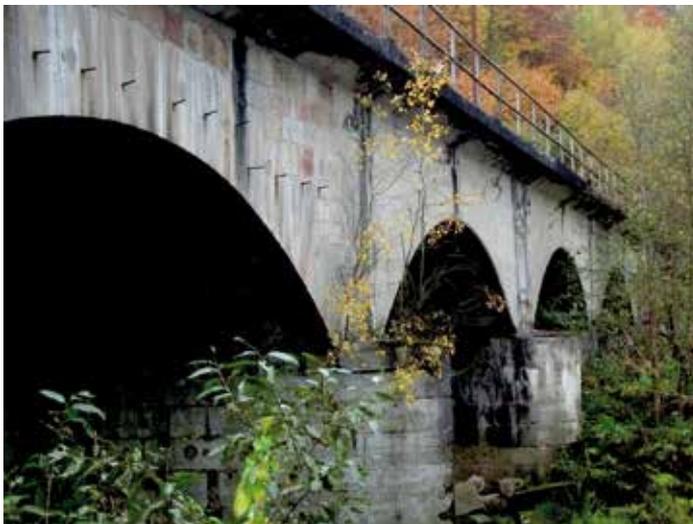
PROJEKTARBEITEN | *PROJECT WORKS*

WINTERSEMESTER 13/14 | *WINTER TERM 13/14*

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.



Gewölbebrücke über die Werra

Foto: Till Freitag

Till Freitag

Ertüchtigung einer Gewölbebrücke über die Werra

(Projektarbeit)

Die 79 m lange Gewölbebrücke überspannt die Werra mit fünf Bögen. Das 1856 aus Natursteinquadern errichtete Bauwerk weist deutliche Schäden auf. Aus der Analyse der äußerlichen Schäden wurden Aussagen über den Zustand der Brücke getroffen und Instandsetzungsmöglichkeiten entwickelt. Dabei wurden sowohl reine

Ertüchtigungsmaßnahmen als auch Ersatztragwerke, bei denen das Gewölbe zur Ansicht erhalten bleibt, und ein Ersatzneubau untersucht. Als besondere Randbedingungen waren die begrenzte Konstruktionshöhe und der Umweltschutz zu berücksichtigen. Für zahlreiche Varianten wurden Konstruktionszeichnungen angefertigt, Bautechnologien entwickelt und die Baukosten abgeschätzt. Anhand der ausschlaggebenden Faktoren wie Kosten, Dauerhaftigkeit, Ästhetik und einem minimalen Eingriff in den Bestand konnten fünf Varianten ausgewählt werden, die

anschließend statisch untersucht wurden. Als Vorzugslösung stellte sich dabei eine standardmäßige Ertüchtigungsvariante von Gewölbem heraus. Dabei wird das Gewölbe mit Leichtbeton aufgefüllt und eine Stahlbetonfahrbahnplatte darüber betoniert. Die Folgen sind eine bessere Lastverteilung bei gleich bleibendem Gewicht. Aus diesem Grund konnte die Tragfähigkeit nach dem neuesten Stand der Technik nachgewiesen werden.

Karoline Holz

Untersuchung der schrägen Rissentwicklung im Stahlbeton

(Projektarbeit)

Seit 100 Jahren ist die Schubrissbildung ein bekanntes Phänomen, welches trotzdem noch nicht vollständig untersucht ist. Teile dieses Themengebietes wurden in dieser Arbeit näher betrachtet, zum einen der Rissverlauf und zum anderen das Risswachstum des Schubrisses. Für die Analyse des Rissverlaufes der Schubrisse wurde eine Datenbank mit 171 Balken angelegt, die auf der „Datenbank für Versuche zur Querkrafttragfähigkeit von Stahlbetonbalken ohne Bügel“ von K.-H. Reineck basiert. Die Rissverläufe wurden schematisiert und durch vier markante Punkte charakterisiert. Für diese vier Punkte konnte jeweils ein Bereich angegeben werden, in dem diese bei allen Rissen liegen. Durch die Angabe der Bereiche ist es möglich vorauszusagen, wo der Schubriss auftreten wird. In diesem Bereich sollte die Verformungsmessung durchgeführt werden, damit die Schubrissentwicklung während einer experimentellen Untersuchung frühzeitig erkannt werden kann. Außerdem wurde betrachtet, inwieweit die Größen der Schubschlankeheit, des Längsbewehrungsgrades und der Betonfestigkeit einen Einfluss auf den Rissverlauf haben. Weiterhin wurden Untersuchungen zur Bestimmung der Risswachstumsrate aus den Bildauswertungen durchgeführt, allerdings zeigte sich, dass hier u. a. aufgrund des in den Versuchen durchgeführten zyklischen Belastungsregimes keine allgemeingültigen Aussagen abgeleitet werden konnten.

Carmen Neumerkel

Bestimmung von Materialeigenschaften bestehender Stahlbetonkonstruktionen

(Projektarbeit)

Ein sachgerechter Umgang mit der vorhandenen Bausubstanz und umfassende Kenntnisse über

die verwendeten historischen Materialien, die Konstruktionen und die angewendeten Standards sind die Grundvoraussetzungen, um das Tragverhalten bestehender Bauwerke beurteilen zu können. Im ersten Teil der Projektarbeit wurden die verschiedenen Prüfverfahren zur Ermittlung der charakteristischen Materialeigenschaften und des Konstruktionsaufbaus umfassend ausgearbeitet und bewertet. Anhand der Auswertung ist es möglich einzuschätzen, welches Verfahren für die Bestimmung der gesuchten Materialeigenschaft eingesetzt werden kann. Der zweite Teil beschäftigt sich mit der stochastischen Auswertung von Versuchsergebnissen, um charakteristische Materialkenngrößen zu ermitteln. Die verschiedenen Ansätze wurden erläutert und hinsichtlich ihrer Aussagefähigkeit und Genauigkeit betrachtet. Im letzten Teil der Arbeit ist eine praktische Untersuchung zur Bestimmung der Druckfestigkeit von Beton dokumentiert, bei der zwei verschiedene Prüfverfahren zum Einsatz kamen. Dieser Praxistest erfolgte an zwei vorbelasteten Stahlbetonbalken. Für den Vergleich wurden die Methode mit Hilfe des Rückprallhammers und die Prüfung von Bohrkernen ausgewählt. Die Durchführung und die Messwerte wurden dokumentiert und miteinander verglichen. Eine Fehlerbetrachtung und Auswertung ist erfolgt. Dabei zeigten sich große Abweichungen zwischen den Ergebnissen beider Messmethoden.

Anna Scheffler

Reduzierung der Kerbspannungen im Anschlussbereich Stütze/Decke

(Projektarbeit)

Im Anschlussbereich von Stütze und Decke treten aufgrund der plötzlichen Querschnittsänderungen Kerbspannungen auf. Um diesen Anschlussbereich zu optimieren, muss also auch der Übergang von Stütze zu Decke fließender sein. Mithilfe des FEM-Programms ATENA 2D wurden vier verschiedene Voutenformen an einer rein normalkraftbeanspruchten Stütze simuliert: eine Dreiecksvoute, eine Viertelkreisvoute und eine Voute in Form der Zugdreiecke nach Mattheck, welche einmal in horizontaler und einmal in vertikaler Richtung ausgebildet wurden. Von den untersuchten Vouten stellte sich die Viertelkreisvoute, dicht gefolgt von den horizontalen Zugdreiecken als am effizientesten heraus. Für die Versuche an kurzen Stützen wurden die Dreiecks- und Viertelkreisvoute sowie die Referenzgeometrie ohne Voute ausgewählt



Prüfkörper mit Viertelkreisvoute im Test
Foto: Anna Scheffler

und im Otto-Mohr-Laboratorium entsprechende Schalungen hergestellt, um die Anschlussbereiche aus einem unbewehrten Normalbeton (C30/37) betonieren zu können. Zur Erfassung der Verformungen wurde ein Photogrammetriesystem aus drei Kameras verwendet. Mit den aufgenommenen Fotos konnte in der Auswertungssoftware ARAMIS die Rissbildung deutlich gemacht werden. Die Simulation mit ATENA 2D wurde mit den realen Versuchsparametern (z. B. angepasste Probengeometrie) wiederholt, um einen Vergleich zwischen den praktischen und simulierten Ergebnissen aufstellen zu können. Bei zwei der drei simulierten Körper ergaben sich gute Übereinstimmungen mit den realen Tests.

Franziska Schelle

Leitfaden für die Bemessung von Holz-Beton-Verbunddecken im Brandfall
(Projektarbeit)

Holz-Beton-Verbundsysteme werden durch ihre guten ökologischen, wirtschaftlichen und bautechnischen Eigenschaften den heutigen Anforderungen an ein Tragwerk gerecht. Allerdings wird die Anwendung dieser Verbundlösungen stark durch Normen und Richtlinien eingeschränkt, wie eine Analyse der bauordnungsrechtlichen Rahmenbedingungen ergab. Besonders bei der Bemessung für den Brandfall (Heißbemessung) werfen mechanische Verbindungsmittel einen Konflikt in der Nachweisführung auf. Eine ausführliche Literaturrecherche zu Brandversuchen gab Aufschluss über das Brandverhalten von Holz-Beton-Verbunddecken. Die gewonnenen Erkenntnisse wurden in den Leitfaden für Bemessung im Brandfall einbezogen. Dieser beinhaltet eine Übersicht über den Bemessungsablauf mit einer anschließenden

Erläuterung. Grundlage dessen bilden zum einen gängige Bemessungsregeln und zum anderen Ansätze, die auf Versuchsergebnissen der Forschung beruhen. Das Interesse an dieser ökologischen Bauweise steigt, sowohl für Ertüchtigungsmaßnahmen, aber auch zunehmend für die Konstruktion von Neubauten. Um die Verwendung im mehrgeschossigen Wohnbau und dem Straßenbrückenbau zu ermöglichen, wäre eine Weiterentwicklung der Bemessungsregeln, insbesondere der Brandvorschriften, für Holz-Beton-Verbundsysteme wünschenswert.

Robert Schneider

Optimierung der Geometrie komplexer Falwerke
(Projektarbeit)

In dieser Arbeit wurde die Fischgrätenfaltung, auch Miura-Ori-Faltung genannt, auf ihre Tragfähigkeit untersucht. Dazu wurde ein parametrisiertes Faltmodell für das Programm ANSYS® erstellt. Unter Wahl geeigneter Lagerungsbedingungen wurde für verschiedene Öffnungswinkel und Konstruktionshöhen ein optimaler Bereich gesucht, in dem das Verhältnis Tragfähigkeit zu Eigengewicht besonders günstig ist. Dabei wurden zunächst plattenförmige Faltungen untersucht. Für den Öffnungswinkel zwischen den in Längsrichtung alternierenden Tal- und Bergfalten ergab sich ein günstiger Bereich zwischen 90° und 110°. Für die Konstruktionshöhe erhält man einen optimalen Schlankheitswert von Stützweite zu Höhe von rund 26. Anschließend wurde durch Verwendung des Prinzips der Hängemodelle ein doppelt gekrümmtes Tragwerk geschaffen. Die plattenförmige Ausgangsfaltung hat dabei eine Stützweite von 25 m bei einer Konstruktionshöhe von 30 cm und weist unter Eigengewicht eine hohe Durchbiegung von 1,29 m auf. Durch Umkehrung der Verformungen konnte ein extrem schlankes und gleichzeitig sehr tragfähiges Falwerk erzeugt werden.

Tilo Senckpiel

Rand- und Lagerungsbedingungen von komplexen Falwerken
(Projektarbeit)

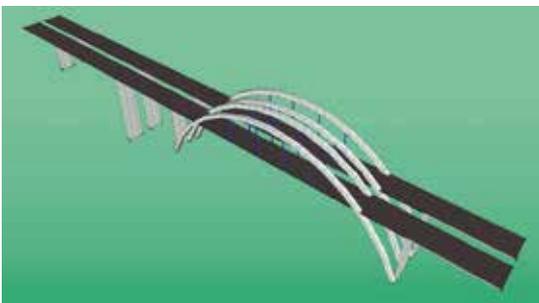
Faltwerke sind räumliche Tragstrukturen, welche sich aus ebenen Scheiben zusammensetzen. Aus der Vielzahl von Faltstrukturen, die es gibt, wurde die Fischgrätenfaltung untersucht. Als Material für dieses Falwerk ist der Textilbeton verwendet

worden, welcher aufgrund seiner Korrosionsresistenz Elementdicken von nur 3 cm ermöglicht. Strukturen, die vorwiegend auf Normalkraft beansprucht werden, können dadurch filigran und materialsparend konstruiert werden. Die erfolgten Untersuchungen der Rand- und Lagerungsbedingungen erstrecken sich im Rahmen dieser Arbeit von der Analyse der Tragwirkung über die Analyse verschiedener Auflagerbedingungen bis hin zum Aufzeigen von Möglichkeiten zur Begrenzung der Raddurchbiegungen. Des Weiteren sind eine parameterabhängige Visualisierung des Faltprozesses, ein Handrechenbeispiel eines Faltwerks für den Vergleich mit RFEM, ein Tragfähigkeitsvergleich mit einem Trägerrost und eine kurze Vorstellung einer Konstruktion für eine mögliche bautechnische Umsetzung durchgeführt worden.

Pushkar Koirala

Conceptual Design of a Highway Bridge (Project Work)

Within the project work context, a conceptual design of a highway bridge was carried out. As a first step of design, different bridge alternatives suitable for the valley in which the structure will be located were presented and analyzed from different perspectives. The proposed alternatives were compared, and one feasible design, an Arch Bridge, was selected for further analysis. This analysis was completed by using the computer software RFEM. Due to the geological conditions at the bridge site, which required long bridge spans, the structure was divided into two main components: a beam bridge and an arch bridge. Both components were analyzed independently, and primary members were chosen for each system. The analysis was comprised of evaluations to satisfy requirements of the material used, bridge geometry, and the size of the member considered in the design.



RFEM Arch Bridge
Graphic: Pushkar Koirala

Sophie Rödel

Untersuchung von geschichteten Stahlbetonplatten mit Schaumbetonkern (Projektarbeit)

Sandwichbauteile bestehen aus zwei steifen, tragfähigen Deckschichten und einem leichteren, weniger tragfähigen Kern. Wird ein starrer Verbund der einzelnen Schichten gewährleistet, so gibt es keine Relativverschiebungen in der Verbundfuge und der Gesamtquerschnitt wirkt quasi-monolithisch. Die Fugenoberfläche der Versuchskörper wurde mittels Stahlrechen normgerecht aufgearbeitet (ca. 3 mm tiefe Furchen senkrecht zur Hauptschubrichtung) und die Betonage der einzelnen Schichten erfolgte frisch-in-frisch. Trotz des relativ weichen Schaumbetonkerns verhielten sich die Sandwichplatten in den durchgeführten 4-Punkt-Biegeversuchen schubsteif. Die Deckschichten waren starr miteinander verbunden und die Bernoulli-Hypothese vom Ebenbleiben der Querschnitte galt. Somit erreichte die Sandwichtragwirkung ihren vollen Wirkungsgrad. Getestet wurden Platten unterschiedlicher Länge und Dicke. Die Bruchlasten der Sandwichplatten konnten mit normativen Berechnungen nachempfunden werden, wobei die Streuung der Materialeigenschaften (vor allem der Zugfestigkeit) dazu führen kann, dass lange Platten kurz vor dem Eintreten des Stahlfließens schlagartig in der Verbundfuge versagen, wobei der Versagensort nicht genau vorhergesagt werden kann. Biegetragfähigkeit und Verformungen können hinreichend genau nachgerechnet werden. Die Fugentragfähigkeit lässt sich über Haftscherversuche abschätzen. Die ermittelte Festigkeit entspricht in etwa der Fugentragfähigkeit.

Daniel Weinert

Berechnung und Bemessung einer Stahlbetonscheibe nach verschiedenen Verfahren (Projektarbeit)

In der Projektarbeit wurde ein wandartiger Träger mit zwei Öffnungen auf drei Stützen untersucht. Die Belastung und die Geometrie des Trägers waren unsymmetrisch. Die Berechnung und Bemessung erfolgte mit Hilfe einer Stabwerksmodellberechnung und der linear-elastischen Scheibenberechnung mit Hilfe der FEM-Programme RFEM und ConFEM / ConPlaD. Diese Verfahren wurden anschließend hinsichtlich ihres Aufwandes zur Berechnung und des als Ergebnis

erhaltenen benötigten Bewehrungsstahlvolumens verglichen. Es lässt sich festhalten, dass FEM-Berechnungen einen geringeren Aufwand besitzen, aber die Stabwerksmodelle einen geringeren Stahlbedarf ergeben.

Mircea Olaru

Design of a self-supporting hall for the vehicle test center of the Institute of Automotive Technology Dresden

(Project Work)

The purpose of this project is to design of a self-supporting hall for the Institute of Automotive Technology Dresden. A wide-span roof structure is required to cover a circular area with a 70 m diameter without any intermediate supports. In the first part of the study, a structural overview was carried out to point out state-of-the-art constructions and possible solutions that could be adopted to fit the site requirements. The structural behaviour of each system was discussed. Sketches and illustrations were provided. Three options were chosen for a more detailed design: a concrete dome, a hyperbolic paraboloid and a suspended dome. A subsequent comparison of the options identified the suspended dome structure as the most efficient and economical design. A complete structural design was carried out for this system, paying special attention to the pre-stress level in the lower cable-strut system by means of three different approaches: one based on the initial architecture configuration, the second based on the counterbalance of the bearing reactions and third based on the equivalent nodal forces. It was found that the outermost ring had the highest prestressing level in the lower cable-strut system and had the most influence in the structural behaviour of the entire roof structure. This paper concludes that the proposed design is adequate and fulfills all the requirements set by the Institute of Automotive Technology Dresden.

Egbert Müller

Lasteinleitung in Stützen bei experimentellen Untersuchungen

(Projektarbeit)

Bei experimentellen Tragfähigkeitsuntersuchungen versagen Stützen überproportional häufig im Lasteinleitungsbereich, was auf lokale Effekte zurückgeführt wird. Deshalb sollte eine konstruktive Bewehrungsführung für die Lasteinleitungsbereiche entwickelt werden, die den Anforde-



Untersuchung des Lasteinleitungsbereiches von Stützen Foto: Egbert Müller

rungen der Querdehnungsaufnahme sowie der gleichmäßigen Stauchung des Betons und der Längsbewehrung des Prüfkörpers im Druckversuch gerecht werden. Dafür wurden fünf Versuchskörpertypen entwickelt und anschließend in einer Prüfmaschine zentrisch belastet. Aus den durchgeführten Untersuchungen sind folgende Maßnahmen für zukünftige Versuche zu empfehlen. Handelt es sich um einen längsbewehrten Prüfkörper, ist es von Vorteil, die Längsbewehrung am Stützenkopf- und Stützenfußbereich kraftschlüssig mit einer Stahlplatte zu verbinden. Wird dagegen ein unbewehrter Prüfkörper untersucht, hat sich herausgestellt, dass eine Umschnürung über den D-Bereich sinnvoll ist. Dabei ist die Form der Grundfläche zu berücksichtigen. Da in dieser Projektarbeit ein quadratischer Stützenquerschnitt untersucht wurde, ist ein Stahlprofil als Umschnürungsverstärkung verwendet worden. Das Stahlprofil ist am Prüfkörper so zu montieren, dass es sich nicht am Lastabtrag beteiligt, sondern nur der Erzeugung eines dreiaxialen Spannungszustands dient.

Robert Schuler

Entwicklung eines numerischen Modells zur Analyse des Tragverhaltens geschichteter Stahlbetonelemente mit veränderlicher Querschnittshöhe

(Projektarbeit)

Beton lässt sich in nahezu jeder Form herstellen, ein Vorteil, der genutzt werden sollte. Viele Biegetragwerke sind aus statischer Sicht ineffizient. Durch eine kraftflussoptimierten Formfindung kann der Materialeinsatz verringert werden. So können die Querschnittshöhe variiert und für hochbeanspruchte Bereiche höherfeste Materialien und für gering belastete Bereiche weniger tragfestes Material verwendet werden. Mit FE-Programmen können präzise Aussagen über die Tragfähigkeit und Verformbarkeit von Sandwichplatten getroffen werden. ANSYS ermöglicht die Abbildung flexibler Geometrien unter Berücksichtigung realitätsnaher Materialeigenschaften. Das FE-Modell wurde so parametrisiert, dass ohne größeren Aufwand unterschiedliche Querschnitte, Formen, statische Systeme, Materialien und Schichtdicken untersucht werden können. Auch können verschiedene Vernetzungsgrade und das nichtlineare Materialverhalten von Beton in Zusammenwirkung mit der Bewehrung berücksichtigt werden. Berechnungen an herkömmlichen Stahlbetonträgern und der Vergleich mit experimentellen Ergebnissen ermöglichten die Kalibrierung des Modells. Bei geschichteten Einfeld- und Durchlaufträger mit unterschiedlichen Querschnitten und Formen konnte bei linear-elastischem Materialverhalten durch die Formfindung eine deutliche Materialreduzierung ermittelt werden. Die rechentechnische Umsetzung der physikalischen Nichtlinearität in Verbindung mit dem Formfindungsprozesses kristallisierte sich jedoch als schwierig heraus, ebenso wie die Beschreibung der Vorgänge in der Verbundfuge.

Pavel Chuyan

Design of a 100 m high multistory building at the Alexanderplatz/ Berlin

(Project Work)

From an architectural point of view, the design of a high-rise multi-story building presented herein is aimed to fit the surrounding views of the city along with a modern composition

of nearby placed buildings, reflecting demands of Berlin residents and meeting real estate and aesthetic needs. The design of the structure evolved from preliminary sketches of the structure to a final design of flats, room and corridor arrangements, as well as underground parking and various structural elements. Evacuation ways and security in the event of fire were considered. As part of the project, existing buildings, built in different countries, particularly in Europe and Asia, were studied. The structure was modelled and analysed using RFEM. Emphasis was placed on understanding the structural stability of the building and its elements, complying with design demands of particular elements such as columns according to engineering guidelines, and optimization of useful area. Throughout the project, knowledge and experience in the design of multi-storey buildings were acquired, including outer design and inner planning.

Alexandra Sommer

Entwurf, Berechnung und Bemessung eines hyperbolischen Paraboloids aus Beton als Hallenüberdachung

(Projektarbeit)

Trotz sehr geringer Schalendicken von lediglich 4 bis 10 cm lassen sich mit Betonschalen große Spannweiten mit einer Schlankheit von bis zu 1:1000 stützenfrei verwirklichen. Möglich wird dies durch eine optimal gewählte Form des räumlich gekrümmten Flächentragwerks, um die Lasten rein über Membranspannungen abtragen zu können. Infolgedessen reduzieren sich die Biegebeanspruchungen der Schale und die Tragfähigkeit des Baustoffes kann optimal ausgenutzt werden. Bis zum Ende der Betonschalbauweise kristallisierte sich die Hyparschale als Favorit unter den Schalenformen heraus. Neben



Virtual model of the ground floor Graphic: Abraham Brew Sam

baupraktischen Vorteilen wie dem relativ leichten Einschalen der Konstruktion bringen die hyperbolischen Paraboloidschalen eine architektonisch ansprechende Form mit sich, die sehr schwungvoll ausgeführt werden kann und einen Kontrast zum rechtwinkligen Baustil darstellt. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Berechnung und Bemessung einer solchen Konstruktion. Im Rahmen einer Variantenuntersuchung, die sich an der populären Schalenform der Berliner Kongresshalle orientiert, wird das Tragverhalten der Betonschale hinsichtlich ihrer Krümmung und Dicke sowie unter Berücksichtigung eines Randträgers analysiert. Nach verschiedenen Systemmodellierungen und Berechnungen in ConFem und RFEM erfolgt die Auswertung der einzelnen Schalenuntersuchungen. Von maßgebender Bedeutung sind die Schnittgrößen im Bereich der Hauptfläche der Schale. Am Ende zeichnet sich eine bemerkenswerte Schalendicke von gerade einmal 10 Zentimetern ab, die zu einer Schalenschlankheit von 1:800 führt.

Koemsan Toch

Solving of the weak equilibrium in finite element analysis using GPU-computing
(Project Work)

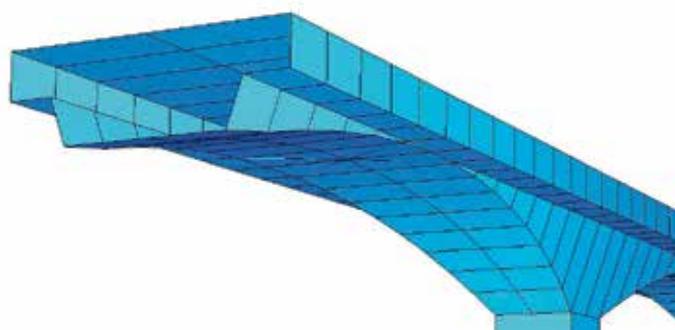
The finite element method (FEM) is widely used in engineering analysis, and its use is expected to increase significantly in the upcoming years. Based on the finite element discretization, the formulation of a problem with variable form, along with an acceptable solution of the resulting finite element equations, the FEM, is expected to get great attention. Hence accordingly, the complexity of the problems will require increased solving time as well as illustrating configuration capabilities, which may be achieved by using CPU computer aided. The objective of this project work is to calculate and provide a weak equilibrium solution (matrix stiffness and the displacement vectors) in finite element analysis by taking advantages of the GPU-computing capabilities of CUDA with Python 2.7 extensions. At first, an overview of the FEM and the formation of a stiffness matrix of the complete element assemblage was provided, followed by an introduction and programming code of GPU using CUDA. Lastly, the application of CUDA with the Python 2.7 extension (also known as

PyCUDA) was presented. The code of PyCUDA for the weak equilibrium solution of FEM or simply called matrix-vector multiplication, was written as a routine file, which could be called from the python code of CONFEM, as required, to analysis problems with any given geometry shape, material properties and other necessary information.

Oliver Steinbock

Statische Berechnung einer Brücke unter variablen Randbedingungen
(Projektarbeit)

Die Aufgabenstellung betraf eine massive Stahlbetonbrücke in semi-integraler Bauweise. Das 6-feldrige Rahmenbauwerk hat eine Gesamtlänge von 140,0 m und ist für Eisenbahnverkehr vorgesehen. Gegenstand der Arbeit war die Erfassung der räumlichen Schnittgrößen infolge Zwang aus Temperaturschwankungen, Kriechen und Schwinden. Die Zwangsschnittgrößen wurden dabei in Abhängigkeit der Baugrund- und Tragwerkssteifigkeit (unter Rissbildung) untersucht. Für gewöhnlich werden die Gründungen bei integralen Brückentragwerken über Federkennwerte abgebildet. Für die Vertikal- und Drehfedersteifigkeiten wurde auf elastische Methoden zurückgegriffen. Der Schwerpunkt der Arbeit lag bei der Untersuchung der Horizontalkraftfeder. Nach einer Aufstellung bisheriger Verfahren aus der Literatur wurden die Verfahren in einer Parameterstudie mit der Baugrundsoftware von Plaxis mit verschiedenen Parametern überprüft. Mit den ermittelten Federsteifigkeiten konnte eine Parameterstudie an einem Stabsystem in Sofistik durchgeführt werden. Vornehmlich wurden die auftretenden Zwangsschnittgrößen bei Baugrundvariation erfasst und beurteilt. Ergänzend zum Stabsystem wurde ein Volumenmodell mit Atena 3D erstellt. Das Verhalten des Tragwerks konnte



Sofistikmodell Grafik: Oliver Steinbock



Bestehendes Teilbauwerk 80a der Hangbrücke Würgau

Foto: Johannes Schmidt

somit bei einer bestimmten Lastfolge abgebildet werden. Insgesamt erwiesen sich die elastischen Federansätze als ausreichend genau und die Modellierungen (Stab- und Volumenmodell) lieferten vergleichbare Ergebnisse.

Johannes Schmidt

Variantenuntersuchung und Entwurf der Vorzugslösung für einen (Teil-)Ersatzneubau einer Brücke im Zuge einer Bundesautobahn
(Projektarbeit)

Im Zuge der Bundesautobahn BAB 70 Bamberg–Bayreuth befindet sich die Hangbrücke Würgau. Das Brückenbauwerk liegt am Südhang des Reisberges oberhalb der Ortschaft Würgau und ist in zwei Teilbauwerke unterteilt. Das nördliche Teilbauwerk wurde in den 1960er Jahren errichtet, hat eine Gesamtlänge von 411 m und überspannt elf Felder. Der Überbau besteht aus längs und quer vorgespannten Spannbetonplattenbalken. Der verwendete Spannstaahl wurde hinsichtlich Spannungsrisskorrosion als gefährdet eingestuft. Zudem wurden zahlreiche Schäden am Überbau festgestellt, woraufhin ein Ersatzneubau des Überbaus entschieden wurde. Die Vorplanung des Ersatzneubaus im Rahmen einer Variantendiskussion war das Ziel der Projektarbeit. Im ersten Schritt wurde eine Erneuerung des Überbaus untersucht und die statischen und konstruktiven

Auswirkungen auf die bestehenden Unterbauten sowie die Gründung betrachtet. Dabei stellte sich heraus, dass die bestehenden Unterbauten den entstandenen Lasten aus der Überbauerneuerung nicht standhalten würden, sodass auch die Unterbauten neu entworfen werden mussten. Insgesamt wurden acht verschiedene Überbauvarianten in Stahlverbund- und Spannbetonbauweise konzipiert und hinsichtlich der Kriterien Wirtschaftlichkeit, Ästhetik und technische Funktionalität bewertet und verglichen. Aufgrund der exponierten Hanglage und der geringen Höhe über dem Gelände hat sich die Herstellung als Spannbetonplattenbalken mit konventionellem Traggerüst oder abschnittsweiser Herstellung auf Vorschubgerüst als sinnvollste Variante erwiesen.

Josef Buschner

Berechnung und Bemessung einer Stahlbetonscheibe nach verschiedenen Verfahren
(Projektarbeit)

Aufgabenstellung der Projektarbeit ist die Anwendung verschiedener Berechnungsverfahren zum Erbringen des Tragfähigkeitsnachweises für einen hoch belasteten wandartigen Träger aus Stahlbeton. Im Rahmen des Eurocode 2 zählen hierzu die linear-elastische Scheibentheorie, das Verfahren nach der Plastizitätstheorie (Stabwerkmodelle) und die nichtlineare Tragwerksanalyse. Der zu

betrachtende Träger spannt dabei über zwei Felder unterschiedlicher Stützweiten und besitzt je Feld eine größere Aussparung. Neben seiner Eigenlast ist er durch eine Einzellast von 5 MN und durch eine Linienlast von 0,1 MN/m belastet. Sowohl die linear elastische Scheibenberechnung als auch die Berechnung der Stabwerksmodelle wurden zu Vergleichszwecken mit den beiden Programmen RFEM und ConFem durchgeführt. Die Tragwerksbemessungen mit der linear-elastischen Scheibentheorie bzw. mit einem Stabwerkmodell wurden verglichen und ergaben ähnliche Bewehrungsmengen, die der nichtlinearen Tragwerksanalyse als Berechnungsgrundlage dienten. Zu guter Letzt wurden für die kritischen Tragwerksbereiche die Bewehrungsführung ausgearbeitet und zeichnerisch dargestellt.

Natalia Dushutina

Design and calculation of a bridge

(Project Work)

In this project work, distinct phases of a bridge design were explored. At a preliminary design stage, six bridge design alternatives were considered and compared, discussing advantages, disadvantages, and potential structural problems. Then, a preferred solution – an arch bridge with a suspended deck – was chosen for further design. The other two options considered were two arch bridges with an elevated deck and two cable-stayed bridges. The basis of comparison included: initial construction cost, maintenance, constructability, and aesthetics. The total length of the bridge is 430 m. It comprises a main span, 244,5 m long, and two side spans. The road has a width of 8 m. The concrete deck is composed of steel components suspended by steel hangers from the concrete arch. The analysis of the structure and sizing of bridge elements was performed using the FEM computational software RFEM. Elements designed included deck, supports and arch. The loads on the structure were limited to vertical loads. Thermal loads, wind loads, and braking forces were neglected. Calculations confirmed that the deformations were in range of expected admissible values. The reinforcement requirements were determined using RF-concrete surfaces for bridge deck and piers and RF-concrete members for arch and beams. Longitudinal, transverse and shear reinforcement requirements were calculated to comply with the ultimate limit state demands. Moreover, preliminary AutoCAD bridge drawings were provided.



Architectural view of the designed stadium

Graphic: Jhansi Shivana

Jhansi Shivanna

Design of the FIFA WM Stadium

Nischni Nowgorod

(Project Work)

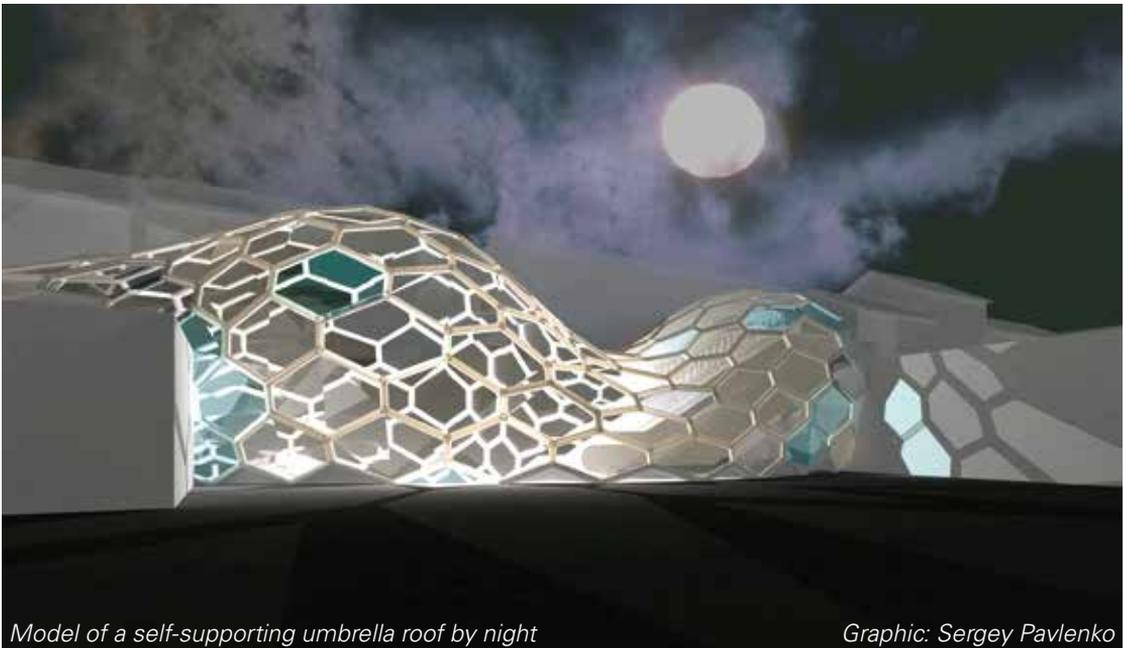
The design of a football stadium in Island, located among confluent rivers, is the focus of this project work. Environmental and climatic conditions were of special interest. Attention was given to the design requirements of the tribune structures, grandstands, aimed to accommodate different seating and facility options, from standard seats to VIP boxes. The design of the grandstands was controlled by the clearance and slope existing between its components, which in turn dictated the total stadium height. Three preliminary designs were completed in AutoCAD, including a cantilevered roof, a cable stayed roof, and an arched roof. Sustainable materials were selected to for the various elements: steel for the roof, concrete for the tribunes, and a PTFE membrane for the roof skin. The stadium roof was designed to support loads according to the Euro Code, and it was completed using the software Dlubal RSTAB 8. The deformation resulting from applied loads was decreased by a process called optimization. Several iterations of optimizations were performed to maintain deformation within permissible limits. To ease fabrication in Island, a construction scheme involving a combination of bolted members and welded CHS joints was adopted. Due to high rainfall levels, typical at the location, a syphonic drainage was adopted. A 3D view created with Google "sketch up 8" was used to portray the architectural view of the stadium and to visualize the proposed exterior view.

DIPLOMARBEITEN MASTERARBEITEN BACHELORARBEITEN

IM JAHR 2014

Diplom- bzw. Masterarbeit bilden 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 notwendigen gründlichen Fachkenntnisse erworben haben.

Erstmals schloss 2014 eine Studentin ihr Studium am Institut für Massivbau in Dresden mit einer Bachelorarbeit ab. Diesen Abschluss kann man nur im Fernstudium erwerben. Die Bachelor-Arbeit soll zeigen, dass der Studierende in der Lage ist, innerhalb einer vorgegebenen Frist Probleme des Studienfaches selbstständig nach wissenschaftlichen Methoden zu bearbeiten.



Model of a self-supporting umbrella roof by night

Graphic: Sergey Pavlenko

Veronika Gillig

Entwurf einer Schwimmhalle

(Bachelorarbeit)

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach, Dr.-Ing. Birgit Beckmann

Die Schwimmhalle sollte für einen Ort mit ca. 40.000 Einwohnern entworfen werden. Es waren ein Schwimmbecken mit sechs 25-m-Bahnen für sportliche Wettkämpfe, ein Nichtschwimmerbecken sowie die zugehörigen erforderlichen Räume vorzusehen. Zu achten war weiterhin darauf, das Dach als Warmdachkonstruktion auszubilden und eine weitgehend natürliche Belichtung der Schwimmhalle zu gewährleisten. Es wurden drei sehr verschiedene Entwurfsvarianten entwickelt, in denen gestalterisch ansprechende und konstruktiv mögliche, unterschiedliche Lösungen angeboten und untersucht wurden. Der erste Vorentwurf hat einen großzügig gestalteten kreisförmigen Grundriss, demgegenüber hat der zweite Vorentwurf einen rechteckigen, in die Länge gezogenen Grundriss mit einem zusätzlich zum Erdgeschoss vorgesehenen Obergeschoss, in dem sich der Umkleidebereich befindet. Bei beiden Entwürfen besteht das Tragwerk aus Betonfertigteilen wie Spannbetonbinder, Stützen, Fundamente. Für das Warmdach sind bewehrte Porenbetonplatten vorgesehen. Die Fassade ist eine selbsttragende, wärmegeämmte Pfosten-Riegel-Fassade. Der dritte Vorentwurf hat einen kompakten, rechteckigen Grundriss, alle Räume befinden sich auf einer Ebene. Die natürliche Belichtung ist durch eine selbsttragende wärmegeämmte Pfosten-Riegel-Fassade gegeben. Dieser Entwurf wird als Vorzugsentwurf ausgewählt und hinsichtlich seiner Haupttragglieder bemessen. Die Flachdachkonstruktion wird als Warmdach aus Stahlbetonplatten ausgebildet. Das Dachtragwerk besteht aus Spannbetonplattenbalken als Zweifeldträger mit Vorspannung im nachträglichen Verbund mit einer Spannweite von 19,90 m. Die Bachelorarbeit beinhaltet weiterhin die Bemessung und Konstruktion.

Martin Wohlfarth

Entwicklung von Entscheidungshilfen zur Dimensionierung von auskragenden Betonfahrbahnplatten im Massiv- und Verbundbrückenbau nach aktuellen Normen und Richtlinien

(Diplomarbeit)

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach, Dr.-Ing. Harald Michler, Dipl.-Ing. Daniel Schäfer (BPR Dr. Schäpertöns & Partner, München)

Die Zunahme des Schwerverkehrs auf Deutschlands Straßen hat eine stetige Anpassung der für den Straßenbrückenbau verwendeten Lastmodelle erforderlich gemacht. Zusätzlich führen neue Werkstoffe und gestiegene Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit zu neuen Bemessungsmodellen und Grenzgrößen. Bei der Vorbemessung von Beton- und Verbundbrücken spielt die Dicke der Fahrbahnplatte eine entscheidende Rolle. Das Eigengewicht der Platte ist Grundlage zur Dimensionierung der Haupttragglieder und entscheidet mit über die Machbarkeit, Gestalt und die Kosten einer Brücke. Zur Berechnung stehen unterschiedliche Verfahren zur Verfügung, bspw. die Auswertung von Einflussflächen, die Erfassung der Balkenanalyse nach Heft 240 des DAfStb oder FE-Berechnungen. Einige Verfahren sind sehr aufwendig, andere wiederum ungenau. Um den Aufwand bei der Vorbemessung zu reduzieren und bei Berech-



Bewehrung in einer auskragenden Betonfahrbahnplatte
Foto: Robert Zobel

nungen einen Vergleichswert zu haben, wurden bereits in der Vergangenheit Bemessungshilfen entwickelt. Diese sind allerdings aufgrund der neuen Berechnungsansätze nicht mehr oder nur noch teilweise einsetzbar. Daher wurden neue Entscheidungshilfen entwickelt. Die Zuhilfenahme eines vorprogrammierbaren FE-Programms ermöglichte die Entwicklung eines Algorithmus zur Bemessung zahlreicher Varianten schlaff bewehrter, auskragender Plattenstreifen. Die errechneten Daten konnten anschließend teilautomatisiert ausgewertet und aufgearbeitet werden. Die Entscheidungshilfen basieren auf Diagrammen, die eine Einschätzung erforderlicher Bewehrungsmengen in der oberen Bewehrungslage, abhängig von Kragplattenlänge und Dicke der Platte am Anschnitt, ermöglichen. Steht die erforderliche Überbaubreite fest (Fahrbahnbreite und Gestaltung des Kappenbereiches), können Werte für Plattendicke und erforderliche Bewehrung in der oberen Lage in Brückenquerrichtung einfach abgelesen werden. Der entstandene Algorithmus zur größtenteils automatisierten Berechnung auskragender Fahrbahnplatten stellt außerdem ein effektives Werkzeug für weitere Nachforschungen dar.

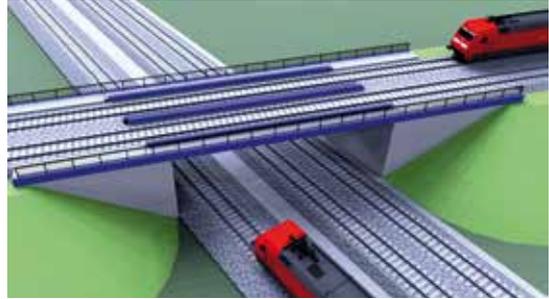
Karolin Bublik

Erarbeitung von Konstruktionsvarianten für ein neu zu bauendes Kreuzungsbauwerk und Erstellung einer optimierten Entwurfsplanung

(Diplomarbeit)

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach, Dipl.-Ing. Nico Schmidt, Dr.-Ing. Steffen Schröder (DB Projektbau Leipzig)

Im Zuge der Elektrifizierung der Bahnstrecke Leipzig–Geithain sollte ein Kreuzungsbauwerk der Deutschen Bahn AG abgerissen und erneuert werden. Aufgrund der Streckenelektrifizierung vergrößert sich die lichte Durchfahrtshöhe von derzeit 4,90 m auf 5,70 m. Für das neu zu planende Kreuzungsbauwerk verbleibt eine Bauhöhe von lediglich 20 cm. Zusätzlich mussten die naheliegenden Bauwerke EÜ Riesaer Straße und EÜ Wurzner Straße als Zwangspunkte in der Planung berücksichtigt werden. Es war also ein Ersatzneubau mit einer äußerst geringen Bauhöhe zu planen sowie die bautechnologischen Auswirkungen auf den Bahnbetrieb zu bewerten. In einer Studie zur Vorentwurfsplanung wurden acht Brückenbauwerke skizziert, gegenüberge-



3D-Modell Entwurf

Grafik: Karolin Bublik

stellt und hinsichtlich ihrer Bauhöhe bewertet. Die drei Varianten mit der geringsten Bauhöhe (Stahlfachwerkbrücke mit querorientierter Fahrbahn, Stahltrögbrücke mit getrennten Überbauten, Stahltrögbrücke mit gemeinsamem Überbau) wurden in die Vorentwurfsplanung übernommen. Für diese Vorentwürfe erfolgten detaillierte Tragwerksbeschreibungen, Visualisierungen, Kostenschätzungen sowie Vorbemessungen. Eine Stahltrögbrücke mit dickem Fahrbahnblech und getrennten Überbauten stellte die optimale Lösung dar und wurde deshalb weiterentwickelt und optimiert. Es erfolgten Kostenberechnungen sowie statische und dynamische Untersuchungen. Abschließend wurden ausgewählte konstruktive Details beschrieben. Es entstand ein filigraner und zweckmäßiger Entwurf, dessen Bauhöhe auf ein technisch mögliches Minimum von 0,80 m reduziert wurde. Die Auswertung der Vermessungsdaten zeigte, dass trotz der geringen Bauhöhe Gradientenanpassungen von mindestens 0,60 m erforderlich sind. Die Konstruktion ermöglicht einen hohen Vorfertigungsgrad unter optimalen Werksbedingungen. Da der Ersatzneubau aus zwei eingleisigen Überbauten besteht, erfolgt das Einheben und Montieren bei geringem Eingriff in den Bahnbetrieb.

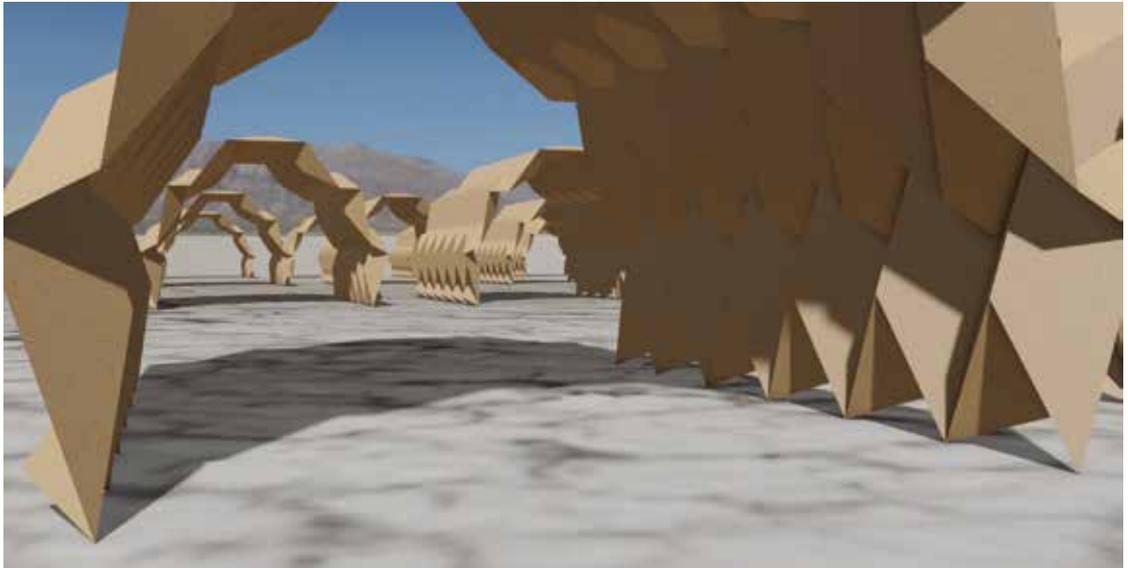
Max Käding

Anwendung der Schallemissionsanalyse zur Untersuchung von Spannbetonbauteilen

(Diplomarbeit)

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach, Dipl.-Ing. Gregor Schacht, Prof. Dr.-Ing. Guido Bolle (HS Wismar)

Gegenstand dieser Arbeit war die Anwendung der Schallemissionsanalyse an Spannbetonbauteilen. Hierzu wurde der Stand der Forschung mit besonderem Hinblick auf parameterbasierte



Faltwerke als Notunterkünfte

Grafik: Robert Schneider

Analyseverfahren zusammengetragen. Es wurden Versuche an einer Spannbetonschwelle des Typs B70 und einem etwa 4 m langen Spannbetonträger durchgeführt. Mit Hilfe von Bleistiftminenbrüchen (Hsu-Nielson-Quelle) und einem Schmidt-Hammer wurden von außen künstliche Signale in die Bauteile eingetragen und diese hinsichtlich Lokalisierung und Dämpfungsverhalten untersucht. Die Aufzeichnung der Signale erfolgte durch standardisierte Messtechnik der Firma Physical Acoustic. An der Spannbetonschwelle wurden die Unterschiede in der Signalaufzeichnung zweier unterschiedlicher Sensortypen mit Resonanzfrequenzen um 55 beziehungsweise 150 kHz untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass die sensortypische Übertragungsfunktion eine große Auswirkung auf Schallemissionsparameter und das Dämpfungsverhalten hat. An dem Spannbetonträger wurde nur der hochfrequente Sensor eingesetzt. Für die Dämpfung konnte eine exponentielle Funktion der absoluten Energie in Abhängigkeit vom Abstand zum Signalursprung angenähert werden. Als Bewertungskriterium wird die Signalenergie empfohlen. Die Auswertung der Lokalisierungskoordinaten hat gezeigt, dass auf Grundlage von Laufzeitdifferenzen und eines schnellwertorientierten Pickingalgorithmus (Bestimmung der Ankunftszeit) die Lage der Rissspitzen als Quellorte der Signale sehr genau bestimmt werden können. Die durchschnittliche Abweichung betrug etwa 1,3 % bezogen auf die Trägerlänge. In einem 4-Punkt-Biegeversuch an einem Spannbetonträger wurden Neigungssen-

sor-, Wegaufnahme- und Schallemissionsdaten ausgewertet. Mit Hilfe der Darstellung von Schallemissionsparametern in Korrelationsdiagrammen, Intensitäts- und Amplitudenverteilungsanalysen kann die Bewertung der herkömmlichen Messwerte unterstützt werden und zu einem besseren Verständnis der ablaufenden Prozesse beitragen.

Robert Schneider

Überdachung aus Textilbeton in Form eines Faltwerks

(Diplomarbeit)

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach, Dr.-Ing. Kerstin Speck, Dipl.-Ing. Dominik Schlüter

Faltwerke aus Textilbeton mit Fischgrätenfaltung und Rautenfaltung sollten daraufhin untersucht werden, ob sie für Bogentragwerke mit Spannweiten größer 15 m geeignet sind. Die Rautenfaltung zeigte dabei das bessere Tragverhalten sowohl in der starren als auch in der gelenkigen Ausführung. Die Schwächen der Tragfähigkeit im Randbereich vor allem bei der Fischgrätenfaltung konnten durch verschiedene Randbalkenvarianten teilweise deutlich verbessert werden. Neben den Vorteilen der Rautenfaltung im Tragverhalten zeigten sich jedoch Schwächen in der Geometrie. Die Fischgrätenfaltung weist dagegen eine hohe Variabilität in der Form der Segmente sowie Vorteile in der Herstellung auf. Für die Verbindung der Textilbetonsegmente sollten sowohl starre als

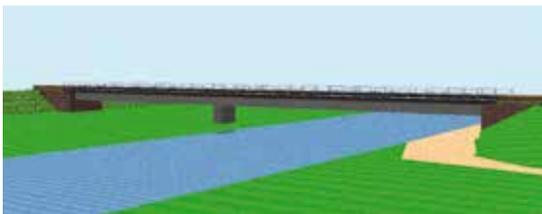
auch gelenkige Möglichkeiten aufgezeigt werden. Aus bereits vorhandenen Forschungsarbeiten wurden eigene Konstruktionen abgeleitet und bewertet. Einbetonierte Hohlübhel und anschließend aufgeschraubte Verbindungsbleche stellen die favorisierte Möglichkeit dar. An einer stark belasteten Falkkante wurde eine überschlägige Bemessung für Schrägzugbeanspruchung durchgeführt. Für eine abschließende Beurteilung müssen Bauteiltests durchgeführt werden. Exemplarisch wurde für die Wiese hinter dem Hörsaalzentrum der TU Dresden ein Prototyp als Fischgrätenfaltung entworfen, der gelenkig, d. h. zusammenfaltbar, ausgeführt werden soll. Dabei wurden u. a. Probleme lokalisiert, welche sich aus der Beweglichkeit der Falkonstruktion ergeben. Das Bogentragwerk mit 15 m Stützweite benötigt unter Wind und Schneebelastung eine Randversteifung, die die Beweglichkeit nicht behindern darf. Außerdem verändern sich aufgrund der Falkgeometrie die Auflagerpunkte während des Falkvorganges, sodass die Auflager ebenfalls beweglich ausgebildet werden müssen. Auch wurden Möglichkeiten für die Steuerung des Falkvorgangs und die Entwässerung vorgestellt. So wurde die Umsetzbarkeit des verwendeten Falkmusters nachgewiesen und weitere Einsatzbereiche vorgeschlagen.

Jennifer Krause

Variantenuntersuchung für den Ersatzneubau der Eisenbahnüberführung Elsterbrücke
(Diplomarbeit)

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach, Martin Just M.Sc., Dipl.-Ing. Markus Reypka (GRE Gauff Rail Engineering GmbH & Co. KG, Dresden)

Die Eisenbahnüberführung Elsterbrücke befindet sich auf der Strecke von Gera nach Weischlitz und überführt bei Plauen die Weiße Elster. Die derzeit vorhandene zweifeldrige Stahlfachwerkbrücke weist mittlerweile erhebliche Schäden



Vorzugsvariante für den Neubau der Elsterbrücke
Grafik: Jennifer Krause

auf und soll im Rahmen weiterer Bauvorhaben auf der Strecke erneuert werden. Hierzu wurden unter den gegebenen Randbedingungen zahlreiche Tragsysteme mit unten- und obenliegender Fahrbahn vorgestellt und hinsichtlich ihrer Eignung für das geplante Bauvorhaben untersucht. Eine besondere Rolle für die Wahl eines geeigneten Tragsystems und Bauverfahrens spielten dabei die einzuhaltenden Vorgaben der derzeit gültigen Hochwasserschutzkonzeption sowie die Bedürfnisse der Deutschen Bahn, welche vor allem eine Lösung mit geringer Beeinträchtigung des Bahnbetriebes forderte. Aus diesem Grund wurde ebenfalls geprüft, inwiefern die derzeit bestehenden Unterbauten in einen neuen Vorentwurf integriert werden können. Dabei erwies sich der derzeitige Bestandspfeiler als durchaus erhaltungswert, sodass dieser bei einigen Lösungen beibehalten wurde. Im weiteren Verlauf der Arbeit wurden aus diesen zahlreichen Möglichkeiten einzelne Varianten entwickelt. Im Rahmen eines abschließenden Vergleiches erfolgte eine Bewertung hinsichtlich verschiedener ausgewählter Kriterien, wie zum Beispiel Wirtschaftlichkeit, Herstellungsmöglichkeiten, Bauzeit und -kosten sowie der Einfluss auf den Bahnbetrieb. Dabei erwies sich anhand der gegebenen Randbedingungen eine Doppelverbundplatte als besonders geeignete Lösung. Bei dieser Bauweise werden im Werk vorgespannte Verbundträger, sogenannte Preflex-Träger, verlegt und mit einem Aufbeton ergänzt. Die Vorteile bestehen vor allem in dem hohen Vorfertigungsgrad und der hohen realisierbaren Schlankheit des Tragwerkes. Im weiteren Verlauf der Arbeit wurde diese Variante präzisiert und zu einem Vorentwurf ausgearbeitet.

Stephanie Priemer

Einfluss einer kombinierten elektrischen/thermischen Beanspruchung auf das Verbundverhalten von Beton und Stahl
(Diplomarbeit)

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach, Dr.-Ing. Kerstin Speck

Die Diplomarbeit entstand im Rahmen des Forschungsvorhabens Kompakthöchstspannungsmasten und -traversen. Ziel des Vorhabens ist unter anderem die Entwicklung von Hochspannungsmasten aus Schleuderbeton. Die Arbeit sollte erste Aussagen bezüglich der Problematik einer kombinierten elektrisch-thermischen Beanspruchung und deren Auswirkungen

auf den Beton-Bewehrungs-Verbund liefern. Zunächst wurde eine umfassende Literaturrecherche durchgeführt, die sich sowohl auf das Verbundverhalten von Stahl- und Spannbeton und bisherige Untersuchungsmethoden und deren Ergebnisse konzentrierte, als auch auf den Schädigungsprozess bei Korrosion und frühere Versuche vom Beginn des 20. Jahrhunderts zum Einfluss von Elektrizität auf die Betoneigenschaften. Ergebnisse der Recherche waren u. a., dass bei hochfestem Beton eine erheblich größere Verbundspannung im Vergleich zu normalfestem Beton zu erwarten ist und dass bei der Verwendung von Gleichstrom, nicht aber Wechselstrom, mit einer Zerstörung des Verbundes zu rechnen ist. Im Hinblick auf die geplanten Masten wurden in drei Serien insgesamt 12 würfelförmige Versuchskörper (C130, BSt 500 B, $d_s = 16 \text{ mm}$) mit einer Verbundlänge von $2 d_s$ erstellt. Sechs wurden als Referenzkörper belassen und sechs am Institut für Elektrische Energieversorgung und Hochspannungstechnik der TU Dresden mit einer hohen Stromstärke (Wechselstrom) auf die Bewehrung elektrisch-thermisch vorbelastet. Im Alter von 44 bis 50 Tagen erfolgten die Ausziehversuche, bei denen Auszugskraft, Schlupf und an zwei Körpern auch Dehnungen an einer Seitenfläche und der Oberseite gemessen wurden. Anschließend wurden alle Körper aufgespalten, um den Verbundbereich optisch untersuchen zu können. Ergebnis der Versuche war, dass die Wechselstrombeanspruchung scheinbar keinen Einfluss auf den Verbund von Stahl und Beton hat. Alle Körper versagten auf Stahlauszug. Risse waren nicht zu erkennen. Lediglich die

Dehnungen am vorbelasteten Körper waren nach Überschreiten der maximalen Schubspannung tendenziell etwas größer als die am nicht vorbelasteten.

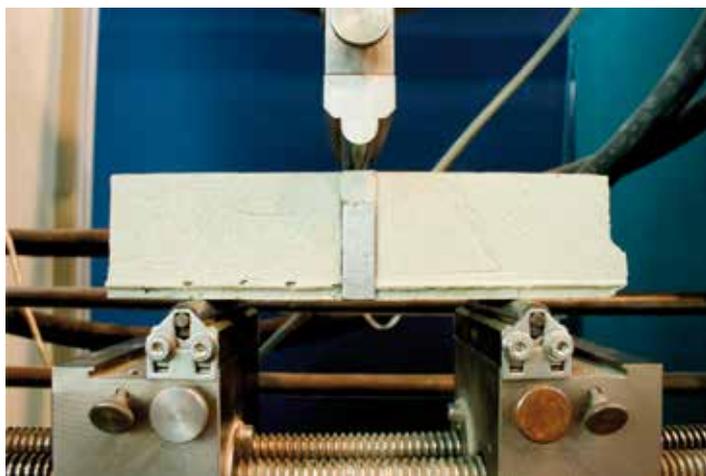
Egbert Müller

Entwicklung von Schnelltests für TRC
(Diplomarbeit)

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach, Enrico Lorenz M.Sc., Dr.-Ing. Harald Michler

Mit zunehmendem Einsatz von Textilbeton (Textile Reinforced Concrete – TRC) ist es erforderlich, die Eigenschaften der verwendeten Materialien in Eigen- und Fremdüberwachung zu kontrollieren. Dabei ist es erstrebenswert, erste Aussagen schon nach kurzer Zeit treffen zu können. Deshalb sollten Schnelltests für die Kennwertermittlung von Textilbeton entwickelt werden. In erster Linie sollte untersucht werden, ob es prinzipiell möglich ist, die erforderlichen Kennwerte des Spannungs-Dehnungs-Verhaltens sowie der Verbundspannungs-Schlupf-Beziehung innerhalb von wenigen Tagen nach Lieferung der Materialien zu ermitteln. Dazu wurden unterschiedliche Verfahren angewendet. Als Feinbetonersatz kamen mehrere schnell erhärtende Matrices zum Einsatz. Die Versuchsdurchführungen orientierten sich an den bewährten Dehnkörper- und Textilauszugsversuchen und zeigten für die Bruchspannung und die Verbundspannungs-Schlupf-Beziehung ähnliche Ergebnisse wie die konventionellen Untersuchungen. Lediglich die

Bruchdehnung konnte auf Grund der gewählten Versuchsdurchführung nicht hinreichend genau bestimmt werden. Daher sind weitere Untersuchungen mit einer Optimierung in der Prüfkörperherstellung und Versuchsdurchführung empfehlenswert. Die schnell erhärtenden Matrices wiesen teilweise ein stark abweichendes Verbundverhalten gegenüber dem bisher verwendeten Standardfeinbeton auf, weshalb auf mineralogische Matrices zurückgegriffen werden sollte, die näherungsweise nach sieben Tagen vollständig ausgehärtet sind und sich in ihren Eigenschaften mit zunehmender Zeit kaum noch verändern.



Modifiziertes Prisma zur Messung der Verbundspannungs-Schlupf-Beziehung Foto: Egbert Müller

Tilo Senckpiel

Analyse und Bewertung einer geschädigten Stahlbeton-Hyparschale am Beispiel der Mehrzweckhalle Magdeburg Rotehorn

(Diplomarbeit)

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

Tragwerke, welche der Form von hyperbolischen Paraboloiden (Hyparschalen) folgen, können mit geringen Querschnittsdicken materialeffizient große, stützenfreie Räume überspannen. In der Diplomarbeit ist ein bestehendes Bauwerk dieser Gattung hinsichtlich des Tragverhaltens analysiert worden. Die Mehrzweckhalle Magdeburg Rotehorn ist 1969 nach Plänen von Ulrich Müther errichtet worden. Für die Tragwerksanalyse wurden eine Bestandsaufnahme des ehemals vorgesehenen Entwurfs der Schale bezüglich ihrer Geometrie und der verwendeten Baustoffe durchgeführt und die Zusammenstellung der Lastannahmen vorgenommen. Schwerpunkte der Arbeit waren die Erstellung des FE-Netzes zur Diskretisierung der Schale und die Ermittlung der Schnittkräfte im Grenzzustand der Tragfähigkeit und der Verformung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit. Mithilfe dieser Ergebnisse konnte anschließend eine Bemessung für den jeweiligen Grenzzustand an den maßgebenden Stellen erfolgen.

Karoline Holz

Verstärkung eines Hyparschalentragwerks mit Textilbeton

(Diplomarbeit)

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach, Enrico Lorenz M.Sc., Dipl.-Ing. Angela Schmidt, Dipl.-Ing. Elisabeth Schütze

Für Ulrich Müthers Hyparschale in Magdeburg (Baujahr 1969) wurde eine Machbarkeitsstudie hinsichtlich der Verstärkung mit Textilbeton durchgeführt. Diese Hyparschale ist eine der größten Betonschalenträgerkonstruktionen ihrer Art und steht seit 1990 unter Denkmalschutz. Die Dachkonstruktion besteht aus vier hyperbolischen, 7 cm dicken Paraboloidschalen und überspannt eine quadratische

Fläche von 48 m × 48 m. Aufgrund ihres Alters und wegen erheblicher Baumängel während der Ausführung ist die Halle in einem sehr schlechten Zustand und seit 1997 aufgrund von Zweifeln an der Standsicherheit bauaufsichtlich gesperrt. Für eine so leichte Konstruktion, bei der jedes zusätzliche Eigengewicht hinderlich ist, bietet sich eine leichte und dünne Verstärkung an. Diese Eigenschaften bietet Textilbeton. In dem Finite-Elemente-Programm InfoCAD wurden die Schale modelliert. Die Ermittlung der Lastannahmen erfolgte nach Eurocode 1. Zunächst wurde eine Schnittgrößenermittlung durchgeführt. Bei der näheren Betrachtung der Hauptspannungen war das Tragprinzip von Hyparschalen aus Druckbogen und Hängemechanismus deutlich zu erkennen. Mithilfe des Querschnittsbemessungsprogramms INCA2 konnte aus den Schnittgrößen die erforderliche Verstärkung der Schale dimensioniert werden. Grundsätzlich ist eine Verstärkung der Schale mit Textilbeton möglich.

Carlos Jara Arriagada

Entwurf einer modularen Basisstation für den Mond aus Mondbeton „Lunar Concrete“

(Diplomarbeit)

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

Die Diplomarbeit beschäftigt sich mit dem Entwurf und der Bemessung einer Tragstruktur, die auf dem Mond errichtet werden kann. Hierfür wurde der Frage nachgegangen, für welche Bedingungen und Anforderungen diese Struktur



Hyparschale von Ulrich Müther in Magdeburg
Foto: Gregor Schacht

entworfen, berechnet und bemessen werden soll und wie das Tragwerk diesen Bedingungen und Anforderungen gerecht werden kann. Dafür wurde zunächst eine Literaturrecherche über vorherige Arbeiten in Bezug auf Konstruktionen für den Mond gemacht, die maßgebenden Erkenntnisse über die Umgebungsbedingungen auf dem Mond zusammengestellt und deren Einfluss auf den Entwurf der Tragstruktur untersucht. Für die Errichtung der Mondbasisstation stehen nur Ressourcen und Materialien zur Verfügung, die aus dem Mondgestein extrahiert und – in geringen Mengen – zum Mond transportiert werden können. Zum Einsatz kommen ein aus mondeigenen Ressourcen hergestellter Beton und eine Textilbewehrung aus Carbon. Der Entwurf wurde unter Berücksichtigung von verschiedenen vorgeschlagenen Verfahren zur Bemessung von Textilbeton und in Bezug auf die Art der Beanspruchung und der Materialkennwerten angefertigt. Die resultierende Tragstruktur hat die Form einer Tonneschale und besteht aus Textilbetonfertigteilen. Um einen Schutz für die Struktur gegen die lunaren Umweltbedingungen zu erbringen, wurde die Struktur mit einem Belag aus Regolith mit einer Dicke von 3 m abgedeckt. Die Bewehrung der Fertigteile sowie die Dicken aller Teile wurden berechnet und in Skizzen dargestellt. Darüber hinaus wurden der Errichtungsprozess der Struktur präsentiert und eine mögliche Verbindungsmöglichkeit für die Fertigteile dargestellt.

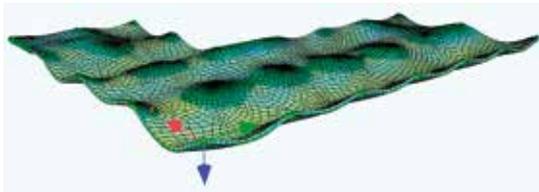
Hunc Coung Nguyen

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

(Diplomarbeit)

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. habil. Ulrich Häußler-Combe, Joachim Finzel M.Sc.

Schon seit langer Zeit ist der Begriff Flachdecken im Bauwesen insbesondere im Hochbau nicht



Auszug aus der FEM-Berechnung der Flachdecke
Grafik: Hunc Coung Nguyen

mehr wegzudenken. In Bürogebäuden werden sie aufgrund einer Reihe von Vorteilen gegenüber linienförmig gestützten Platten sehr oft von Planern und Architekten verwendet. Zu den Vorteilen gehören unter anderem das Entfallen von aufwendigen und störenden Unterzügen, die ohne Behinderung frei verlegbare Installation oder die Optimierung des nutzbaren Raumvolumens und die geringe Raumhöhe. Das Hauptproblem bei Flachdecken ist das Durchstanzen. Weil die Platte punktförmig gestützt ist, konzentrieren sich im Bereich des Stützenkopfes große Schubspannungen. Diese führen in der Regel zur Auswahl einer größeren Plattenhöhe und zu einer unvermeidbaren, aufwendigen Verlegung der Durchstanzbewehrung bzw. einer Stützenkopferverstärkung. Außerdem ist bekannt, dass dem Durchstanzproblem bei Flachdecken durch den Einsatz einer Vorspannung entgegengewirkt werden kann. Der Anwendungsbereich des Spannbetons in Bezug auf große Spannweiten und hohe Nutzlasten kann erweitert werden. Dabei kann die Spannweite teilweise bis zu 20 m erreichen. Die Nutzbarkeit und Dauerhaftigkeit der Platte werden durch die positive Wirkung der Vorspannung auf die Begrenzung der Durchbiegungen und auf die Rissbildung verbessert. Die Stahlmenge reduziert sich und eine Optimierung des Bewehrungsaufwands durch wirtschaftliche Kombination von Betonstahl und Spannstahl kann gewährleistet werden. Durch die Wahl der Art der Vorspannung und der geeigneten Spannliedführung konnte in dieser Arbeit nachweisen werden, dass ohne Durchstanzbewehrung eine Reduzierung der Plattenhöhe von 30 cm auf 26 cm möglich ist. Dabei sinkt die maximale Durchbiegung der Platte im gerissenen Zustand von 21,7 mm auf 7,7 mm und liegt somit weit unter dem zulässigen Wert von 30 mm. Nach dieser Kenntnis über die Durchbiegung eröffnen sich mit dem Einsatz von Durchstanzbewehrung weitere Möglichkeiten zur Reduzierung der Plattenhöhe.

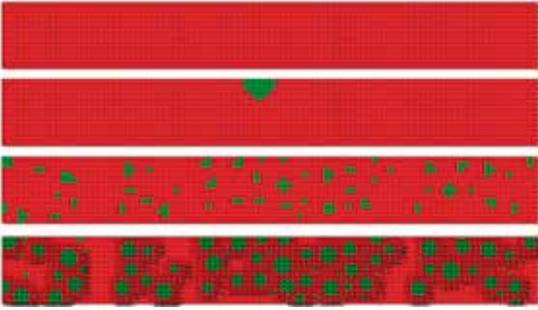
Evmorfia Panteki

Numerische Analyse zum dynamischen Verhalten von Beton im Spallationsversuch

(Diplomarbeit)

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

Die Diplomarbeit widmet sich der Fragestellung, bis zu welchem Grad materielle bzw. strukturelle



Verwendete Diskretisierung der Betonprobe
Grafik: Evmorfia Panteki

Eigenschaften von Betonproben unter (hoch-) dynamischer Belastung zur Einstellung deutlich anderer – i. A. höherer – Werkstoffkennwerte beitragen, als es unter statischer Belastung der Fall ist. Schwerpunkt ist die numerische Untersuchung des Spallationsversuches, welche unter Verwendung des FEM-Programms ANSYS durchgeführt wurde. Zunächst wurden der Inhalt und die methodische Vorgehensweise erläutert. Es folgt eine Darstellung zum Stand des Wissens bezüglich des Materialverhaltens von Beton, der Versuchskonfiguration und dessen numerischer Abbildung. In der Beschreibung des numerischen Modells wird hervorgehoben, dass das implementierte Stoffgesetz vorerst konsequent keinerlei Abhängigkeiten von der Belastungsgeschwindigkeit aufweist. Durch Variation der entsprechenden Parameter wurde festgestellt, welche Einflüsse aus Geometrie- und Werkstoffeigenschaften hervorgehen. Die Analyse erfolgte etappenweise, indem fortwährend komplexere Sachverhalte ergänzt wurden. Im Zuge dessen wird mit der homogenen Betrachtung des Werkstoffes begonnen und auf mesoskopischer Ebene mit der Modellierung einzelner Zuschlagskörner einschließlich der umgebenden Matrix geendet. Im Ergebnis wird deutlich, dass das gängig verwendete Verfahren zur Experimentauswertung bei einer Reihe von Konstellationen zu einer Überschätzung der dynamischen Kennwerte (Ausbreitungsgeschwindigkeit, Elastizitätsmodul, Festigkeit und Bruchenergie) führt. Es basiert auf der Annahme einer eindimensionalen, dispersionslosen Wellenausbreitung und weist erhebliche Defizite auf. Diese konnten im Rahmen der Arbeit hauptsächlich auf das nichtlineare Verhalten des Betons, die Streuung der Materialeigenschaften und den Einfluss der Querdehnung zurückgeführt werden. Insbesondere beim Einfluss letzterer wurde noch Forschungsbedarf identifiziert.

Waldemar Hartmann

De- und remontables Bauen im Massivbau
(Diplomarbeit)

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach, Dr.-Ing. Kerstin Speck

Die Basis für massive re- und demontable Fertigteilbauweisen bildet die Entwicklung der Betonfertigteilherstellung. Während in Amerika traditionelle Holzbauweisen priorisiert blieben, fand im europäischen Raum nach dem zweiten Weltkrieg der massive Fertigteilbau großen Anklang, um die Probleme der großen Wohnraumzerstörungen, des allgemeinen Arbeitermangels und einer Rohstoffknappheit bewältigen zu können. Durch den Aspekt der Nachhaltigkeit angetrieben, gab es erstmals in den 1970er Jahren in den Niederlanden Bestrebungen, die Tragwerksteile ehemaliger Großtafelbauten durch gezielte Demontage und anschließende Wiederverwendung in Teilen oder als Ganzes weiter zu nutzen. Es konnte im Zuge der ökologischen Betrachtung gezeigt werden, dass eine generelle Emissionseinsparung bei der Gebäudeherstellung von bis zu 50 % möglich ist. Dies ist abhängig vom Grad der Wiederverwendung der einzelnen Bauteile und der damit verbundenen angesetzten Lebensdauer. Im Rahmen der Diplomarbeit wurden sechs verschiedene zeitgenössische demontable Bausysteme insbesondere hinsichtlich der Ausbildung ihrer Knotenpunkte analysiert. Es zeigte sich keine eindeutige Überlegenheit eines speziellen Systems. Vielmehr standen positive Eigenschaften, wie z. B. die Robustheit und Steifheit des Tragwerks, den Nachteilen gegenüber, wie einer zeitaufwändigeren Montage und Demontage. In einer finalen Betrachtung wurde unter Berücksichtigung der gewonnenen Erkenntnisse ein Vorentwurf eines demontablen Bausystems aus vier Basismodulen erstellt. Der Vorentwurf stellt eine Mischung bestehender Bausysteme dar und vereint die vorteilhaften konstruktiven Ausbildungen verschiedener Bausysteme. Die wesentlichen Eigenschaften des entworfenen Bausystems liegen in der ausschließlichen Nutzung von Schraubverbindungen und den besonders leichten und filigranen Bauteilen aufgrund der verwendeten textilverstärkten Betonelemente.

Oliver Steinbock

Validierung und Nachrechnung von Messergebnissen an einer bestehenden Straßenbrücke mit Stahlbetonverbundüberbau und vergleichende Betrachtung

(Diplomarbeit)

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach, Dipl.-Ing. Nico Schmidt

Das zweifeldrige Bauwerk ist als offener Stahlverbundüberbau ausgeführt und wurde 1974 in Mecklenburg-Vorpommern errichtet. Die Einzelstützweiten betragen jeweils 27,60 m. Der Betongurt des Verbundtragwerks wurde als Vollfertigteil ausgebildet. Durch gezielte Absenkungen der Montagestützen sollten die nicht schubfesten Betonfertigteile so überdrückt werden, dass der volle Verbundquerschnitt über die Stütze hinweg angesetzt werden kann. Eine Längsbewehrung im Betongurt ist nicht vorhanden. Aus den Unterlagen ging jedoch hervor, dass vom Montageplan abgewichen wurde. Im Zustandsbericht wird außerdem auf eine Durchfeuchtung der Fugenbereiche zwischen den Fertigteilen verwiesen, was auf eine mangelhafte Überdrückung der Fertigteile schließen lässt. Daraufhin war eine Probebelastung und eine Eigenspannungsmessung durchgeführt worden. Der Hauptbestandteil der Arbeit lag nun darin, die Plausibilität der Messungen zu überprüfen und Verbindungen zu möglichen Abweichungen bei der Montage aufzuzeigen. Durch die eingepprägten Deformationen und das nichtlineare Verhalten des Betons ist das Tragwerk für Kriech- und Schwindverformungen anfällig. Die Änderung der Steifigkeiten und deren Einflüsse auf das



Stahlverbundbrücke mit Betonfertigteilen
Foto: SIB-Bauwerksdatenbank

Tragverhalten wurden analysiert. Hinsichtlich des Langzeitverhaltens und möglicher Montagefehler wurden die Positionen der Mittelstütze beim Absenkvorgang, Einflüsse möglicher Setzungen bzw. Randhebungen sowie das Eigengewicht und das Betonalter variiert. Auf Basis der vorangehenden Untersuchungen und den vorliegenden Unterlagen wurde ein Ausgangszustand für die Nachrechnung festgelegt. Es wurden die Normalspannungsverteilungen für den gesamten Überbau ermittelt und Tragfähigkeitsdefizite im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit und Tragfähigkeit aufgezeigt. Das Bauwerk wurde schließlich nach Stufe 3 der Nachrechnungsrichtlinie eingeordnet. Ergänzend wurde eine Ausführung des Betongurtes in Ortbeton erarbeitet, die als Vergleich zur heutigen Bauweise dient und die Nach- bzw. Vorteile der Fertigteillösung verdeutlicht.

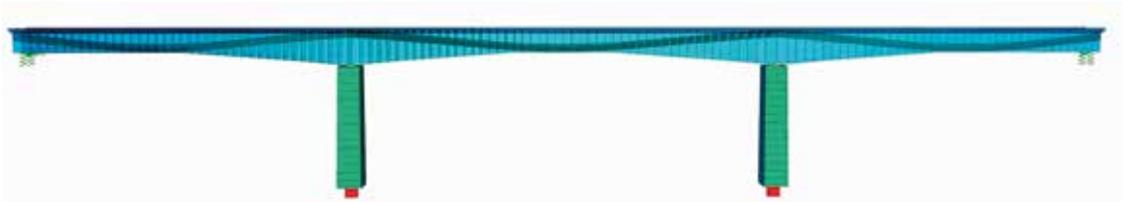
Roman Tanner

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

(Diplomarbeit)

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. habil. Ulrich Häußler-Combe, Joachim Finzel M.Sc.

Flachdecken in Stahlbetonskelettbauwerken weisen für die Nutzer eine Reihe von Vorteilen gegenüber anderen Deckensystemen auf. Aufgrund der punktförmigen Stützung sind Flachdecken jedoch oft durchstanzgefährdet und auch verformungsempfindlicher als andere Deckenvarianten. Diese Probleme können durch eine Vorspannung ohne Verbund eingeschränkt werden. Dazu erfolgten vergleichende Untersuchungen durch die Bemessung zweier Deckenvarianten an einem konkreten Beispiel. Variante 1 ist dabei eine reine Stahlbetondecke und Variante 2 eine Decke mit Vorspannung ohne Verbund. Die Bemessung erfolgte anhand einer vorher gewählten Deckendicken von 25 cm und entsprechenden Lastannahmen für Eigen- und Verkehrslasten. Mit Hilfe des FE-Programms ConFEM wurden die Schnittgrößen für beide Varianten berechnet. Es erfolgte eine Biege-, Querkraft- und Durchstanzbemessung und eine Verformungsberechnung sowie der



Modell des Ersatzneubaus für die Eisenbahnüberführung über die Alz

Grafik: Christian Uhlig

Nachweis zur Begrenzung der Rissbreiten. Für die Variante mit Vorspannung wurde dabei die Spann- gliedführung und Vorspannkraft so gewählt, dass keine Durchstanzbewehrung notwendig ist. Auf Grundlage der Bemessung erfolgte eine Aus- führungsplanung mit Ermittlung der ungefähren Massen und Kosten der jeweiligen Variante. Es lässt sich zeigen, dass durch die Vorspannung der Decke wesentlich geringere Schnittgrößen auftreten als bei der schlaff bewehrten Variante. Daraus folgen kleinere Verformungen und Bewehrungs- mengen. Bei Betrachtung der Wirtschaftlichkeit fällt auf, dass bei der Spannbetonvariante die geringeren Stahlmengen die Kosten der Vor- spannung vollständig kompensieren. Somit stellt sich die Deckenvariante mit Vorspannung ohne Verbund als die günstigere Variante dar. Die in der Problemstellung angeführten Nachteile der Flachdecken können durch die Ausführung mit Vorspannung behoben werden.

Christian Uhlig

Erarbeitung von Varianten für eine neu zu bauende Eisenbahnüberführung und Erstellung einer optimierten Entwurfsplanung

(Diplomarbeit)

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach, Dipl.-Ing. Gregor Schacht, Dr.-Ing. Steffen Schröder, Dipl.-Ing. Karsten Jakisch (beide DB Projektbau, Leipzig)

Im Zuge des geplanten Ausbaus der Bahnstrecke von Mühlendorf nach Freilassing stellt sich die Frage, ob die vor circa 110 Jahren erstellte Eisenbahnüberführung über die Alz bestehen bleiben und umgebaut werden soll oder ob die Zeit der Streckensperrung zur Herstellung eines Ersatzneubaus genutzt wird. Daher wurde eine Nachrechnung des Bestandsbauwerkes durchgeführt, durch welche die Tragfähigkeit nachgewiesen werden konnte. Im Hinblick auf die Dauerhaftigkeit gibt es jedoch erhebliche Mängel, sodass trotz fortschreitender Instandsetzungsarbeiten in den nächsten Jahren die Zustandsnote 4 verge-

ben werden wird. Da ein Ersatzneubau auf längere Sicht die wirtschaftlichere Alternative darstellt, wurden zwei Vorentwürfe entwickelt. Variante 1 beinhaltet ein semiintegriertes Bogensystem. Der als zweistufiger Plattenbalken ausgebildete Überbau ist mit den Pfeilern und dem eingespannten Bogen, welcher die Alz überspannt, monolithisch verbunden. Als zweite Variante wurde ein ge- verbauter Spannbeton-Dreifeldträger entworfen. Der Überbau ist als einzelliger Hohlkastenquer- schnitt ausgeführt und durchgehend gelagert. Im Gegensatz zur Bogenlösung ist das Tragwerk des Dreifeldträgers flachgegründet, wobei auf die bestehenden Fundamente aufgebaut werden kann. In Folge dessen entwickelte sich der Dreifeldträger hinsichtlich Wirtschaftlichkeit, Bauzeit und Herstellung zur Vorzugslösung, welche im Weiteren in Entwurfsplanungstiefe konstruktiv durchgeplant und berechnet wurde. Auch wurden Möglichkeiten zur Baustelleneinrichtung, dem Abbruch des Bestandsbauwerkes sowie der Her- stellungstechnologie des Neubaus entwickelt.

Manuel Kommol

Erarbeitung von Varianten für eine neu zu bauende Eisenbahnüberführung und Erstellung einer optimierten Entwurfsplanung

(Diplomarbeit)

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach, Dipl.-Ing. Nico Schmidt, Dr.-Ing. Steffen Schröder, Torsten Schwalbe (beide DB Projektbau, Leipzig)

Aufgrund einer Anhebung der Streckengeschwindigkeit im Zuge der Streckenelektrifizierung der Eisenbahnverbindung Leipzig–Geithain soll die Eisenbahnüberführung Muldentalstraße bei Liebertwolkwitz südöstlich von Leipzig abgerissen und erneuert werden. Unterführt wird die Staatsstraße zwischen Leipzig und Grimma. Entwurfsbestimmend für die neu zu planende Brücke waren die begrenzte Bauhöhe von 0,81 m und die Forderung eines durchgehenden Schotteroberbaus. Aufgrund dieser Randbedingungen

kam für den Ersatzneubau nur eine Trogbrücke mit einer querorientierten Fahrbahnplatte in Betracht. Es wurden folgende drei Vorentwürfe untersucht: Stahlvollwandtrog, Stahlfachwerkbogen und Stahlverbundtrog. Den Vorzug erhielt der Stahlvollwandtrog, da er ein vernünftiges und ausgewogenes Verhältnis zwischen Funktionalität, Wirtschaftlichkeit und Gestaltung darstellt. Für das Brückenbauwerk erfolgten eine detaillierte Tragwerksbeschreibung, Visualisierung sowie eine statische, dynamische und wirtschaftliche Berechnung. Außerdem wurden ausgewählte konstruktive Details (z. B. Übergänge am Brückenende) durchgebildet und dargestellt. Aufgrund seines schlichten Erscheinungsbildes fügt sich der Ersatzneubau unauffällig in die Umgebung ein. Die Farbgestaltung in einem Olivgrün unterstreicht diesen Eindruck. Der hohe Vorfertigungsgrad sowie die teilautomatisierte Schweißfertigung ermöglichen eine kurze Bauzeit, sodass die Beeinträchtigungen des Schienen- und Straßenverkehrs und die Flächeninanspruchnahme zur Zwischenlagerung von Bauteilen gering bleiben. Dadurch, dass der Überbau witterungsgeschützt im Werk hergestellt wird, entsteht eine hohe Bauqualität. Zudem ist eine kostengünstige und termingerechte Fertigung möglich. Durch die Fertigteiltbauweise sind weder Montageaussteifungen noch -gerüste erforderlich. Obwohl die Trogbrücke eine äußerst geringe Bauhöhe von 95,5 cm besitzt, ist dennoch eine Anhebung der Gleisgradienten um mindestens 0,15 m notwendig. Dies ist im Rahmen der geplanten Neutrassierung zu berücksichtigen.

Marie Schmitt

Bemessung einer Wohnanlage mit Tiefgarage (Diplomarbeit)

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach, Dr.-Ing. Kerstin Speck, Dipl.-Ing. (FH) Peter Nicola (Ing.-Büro Nicola, Kehl)

Im Rahmen der Diplomarbeit wurde eine komplette Wohnanlage von drei Mehrfamilienhäusern mit Tiefgarage in Baden-Württemberg statisch bemessen und konstruiert. Aufgrund der Lage des Standortes im deutschen Erdbebengebiet sollte ein Erdbebennachweis für jedes Gebäude durchgeführt werden. Im ersten Teil der Arbeit wurden alle Tragglieder der drei Häuser bemessen und konstruiert. Die Häuser bestehen hauptsächlich aus Mauerwerk- und Stahlbetonwänden, Stahlbetondecken und einer Holzkonstruktion für das

Dachgeschoss. Die Besonderheit der Bemessung lag in der Durchbildung der Decke über dem Kellergeschoss, die mit Dübelleisten gegen Durchstanzen zu sichern war. Die drei Gebäude werden durch eine gemeinsame Tiefgarage verbunden, die teilweise mit Doppelparkern ausgestattet ist. Diese Tiefgarage sollte als weiße Wanne ausgebildet werden. Dafür wurde die WU-Richtlinie für Wasserundurchlässige Bauwerke aus Stahlbeton verwendet und die Rissbreitenbeschränkung unter Zwangsschnittgrößen nachgewiesen. Der zweite Teil der Arbeit bestand in der Durchführung des Erdbebennachweises für die drei Häuser. Nach der Einteilung des Standortes, des Baugrundes und des Gebäudes in die zugehörige Klasse und Kategorie wurde das elastische Antwortspektrum ermittelt. Dafür wurden DIN 4149:2005 und DIN EN 1998-1 gegenübergestellt. Die Ermittlung der aus Erdbeben resultierenden Schrittgrößen erfolgte durch die Modellierung der drei Gebäude mit der Software MINEA. Aufgrund der Unregelmäßigkeit im Grundriss und im Aufriss der Gebäude war das multimodale Antwortspektrumverfahren anzuwenden. Nach der Bestätigung der Gültigkeit des Modells konnten die Tragglieder mit den aus der Software ermittelten Schrittgrößen nachgewiesen werden.

Anna Scheffler

Simulation und Vorhersage von Rissbreiten im Textilbeton (Diplomarbeit)

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach, Dr.-Ing. Harald Michler, Enrico Lorenz M.Sc.

Die Kenntnis der Rissabstände ist eine wichtige Voraussetzung für die Ermittlung von Rissbreiten, weshalb sich die Diplomarbeit umfassend mit der Bestimmung dieser beschäftigt. Es wurde überprüft, ob eine Berechnung der Rissabstände mit einer vereinfachten Form der Verbundspannungs-Schlupf-Beziehung – aufbauend auf den Arbeiten von Lorenz – die gleichen Ergebnisse liefert wie eine genaue multilineare Verbundspannungs-Schlupf-Beziehung. Dafür wurden mehrere Modelle einer bilinearen Verbundspannungs-Schlupf-Beziehung erstellt. Es konnte nachgewiesen werden, dass die Berechnungsmodelle von Lorenz für die Berechnung von Rissabständen genutzt werden können. Dies wurde durch den Vergleich mit Laborversuchen verifiziert. Als weiteren Vergleich wurden zum einen ein Programm

von Finzel sowie die FE-Software ATENA 2D verwendet. Es stellte sich jedoch heraus, dass mit diesen beiden Programmen nicht die gleichen Ergebnisse erzielt werden konnten wie in den Laborversuchen. Nachdem die Rissabstände nun zuverlässig ermittelt werden konnten, wurde in einem weiteren Schritt eine einfache Berechnungsformel für die Rissweiten vorgestellt. Diese basiert auf Formeln aus der Dissertation von Lorenz und ist auf den Haftbereich der Verbundspannungs-Schlupf-Beziehung beschränkt. Es hat sich aber in den Ergebnissen gezeigt, dass der Haftbereich nur in den seltensten Fällen überschritten wird und somit diese Einschränkung bei dem Großteil der Berechnungen keine Rolle gespielt hat. Es kann also festgehalten werden, dass die Vereinfachung der multilinearen zu einer bilinearen Verbundspannungs-Schlupf-Beziehung durchaus sinnvolle Ergebnisse liefert, jedoch nicht für jedes Bewehrungsmaterial das gleiche Modell der bilinearen Verbundspannungs-Schlupf-Beziehung genutzt werden kann. Des Weiteren können auf Grundlage dieser bilinearen Verbundspannungs-Schlupf-Beziehung die zu erwartenden Rissbreiten für den Fall, dass nur der Haftbereich aktiviert wird, ermittelt werden.



Textilbetonprobekörper nach dem Auszugversuch
Foto: Anna Scheffler

Sergey Pavlenko

Design of a self-supporting umbrella roof (Schlaun-Wettbewerb)

(Master's Thesis)

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

The design of a self-supporting umbrella for the Schlaun-Forum's competition in Düsseldorf was the main task undertaken in the thesis work presented herein. At first, it was required to understand the design task involved as well as the site conditions, which conversely contributed to determine a sustainable location for the structure.



*Model from the side
Graphic: Sergey Pavlenko*

During a pre-design stage, possible design solutions were analysed from structural and aesthetic points of view. As a result, it was concluded that a tube-like grid shell was the most appropriate design. A vital part of such design process was to examine different materials simultaneously by conducting an optimization of the cross-sectional parameters to obtain the most effective solution. The materials possess different properties which vary considerably leading to both, favourable and unfavourable behaviour. After all, the final solution was an aluminium structure with a cross-section

dimension of 152.4×4.5 mm. For the selected variant, linear elements, joints and secondary structures were calculated more precisely. Finally, an appropriate foundation and a feasible construction scheme were proposed. The 3D object was approached as a sum of 2D arches. The optimal design utilized underground cables that spanned between opposing foundations. As a result, it was concluded that the construction of the foundation, as designed, could result in reduced construction time and costs while providing residential comfort.

Davood Toorchi

A comparative investigation of the ACI and Eurocode 2 in design of RC structures

(Master's Thesis)

Supervisor: Prof. Dr.-Ing. habil. Ulrich Häußler-Combe, Joachim Finzel M.Sc.

ACI 318-2011 and EC2-1992 building design codes are the two major codes used in the design of reinforced concrete structures worldwide. Therefore, a detailed comparative analysis of these codes is warranted. The comparisons include safety provisions, flexural and shear design of a beam, column, slab and shear wall. Differences in the use of ACI and EC2 codes as applied to the design of building structure are presented as follows. A true factor of safety can only be determined by comparing design loading with that at collapse. While partial safety factors for materials and loadings are not real safety factors; they only reflect degrees of confidence in material properties and accuracy of load prediction. The maximum allowed immediate deflection of EC2 is more conservative than that of the ACI for flat roofs and is less conservative for floors and beams. Regarding the minimum flexural reinforcement, ACI code and EC2 give a very close design moment capacity for steel ratios within or less than balanced steel ratio. But EC2 is more generous in doubly reinforced sections (ultimate moment capacity in EC2 is greater than ACI-beam). ACI gives a higher amount of reinforcement than EC2, which rely on different development length and arrangement of reinforcement in the beam; however, the reinforcement value in the section, according to ACI, is less than EC2. EC2 gives larger amount of flexural reinforcement than ACI. It is noted that EC2 requires less minimum reinforcement for beams and columns than ACI 318. Minimum

eccentricity or imperfection geometry of column elements in ACI code is greater than EC2; as a result, ACI gives lower ultimate strength than EC2 (2 to 11 %). In regard to minimum shear reinforcement, EC2 gives a larger amount of minimum shear reinforcement (almost 20 to 30 %) for all concrete strengths. For the limit of maximum reinforcement ratio, EC2 assures higher sectional ductility than ACI 318. Overall, EC2 provisions provide a higher safety factor than those of ACI 318 for low values of live : dead load ratios. In general, EC2 is similar to ACI code in terms of design approach. They give similar answers and solutions for more economical concrete structures.

Nima Foughani

Design and dimensioning of lightweight prefabricated UHPC girders for bridges

(Master's Thesis)

Supervisor: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach, Dr.-Ing. Kerstin Speck, Dr.-Ing. Frank Jesse (Hentschke Bau, Bautzen)

Ultra High Performance Concrete (UHPC) is a progressive construction material that offers new opportunities for the bridge infrastructure future. This study has been engaged in researching optimal uses of UHPC in the fabrication of bridge precast and prestressed girders as an alternative for the conventional use of high performance concrete (HPC) and normal concrete (NC) in such type of girders. For this aim to be achieved, two different methods were applied to the design of simply supported UHPC precast and prestressed beams which were intended to be used in railway bridges with NC or HPC. This study makes an attempt to collect some information for UHPC based on actual codes or and the current state-of-the-art. Eventually, three optimal I-shaped beams with different concrete strength classes (NC, HPC and UHPC) were designed. For the railway bridge under investigation (located in Friedensstraße, Dresden), the lightest girder was that fabricated with UHPC and which was also evaluated as the safest structural element within this study, due to its high compressive strength. Additionally, according to a cost calculation conducted by Hentschke Bau, this newly designed UHPC girder is cheaper than steel beam HE800B, which had already been used in the railway bridge under consideration.

Hussein Al-Kroom

Innovation shuttering systems

(Master's Thesis)

Supervisor: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach, Dr.-Ing. Kerstin Speck

The innovation of a shuttering system is a big field under investigation. Work is still needed to understand the application of this concept into projects. A foreseen use of this system is an in-site application as common formwork material for cast-in-place beams and decks. Currently, the main advantage in using aluminum and plastic formwork is that it allows to cast beams and slabs at the same time; sometimes the columns can be casted simultaneously as well. But this procedure has not been undertaken yet with the proposed fabric formwork, because the material is still under research. The lack of construction methods and design formulas do not facilitate its use. This proposed material could reduce the material that is used in current structures. A theoretical analysis indicates that use of the material may increase the strength of the structure. Due to its innovative nature, there is still a need to determine the type of structures in which the material may find an application, as well as an optimization of its use in abnormal shape structures. Further study is recommended to provide formulas for the design of structural elements and to characterize the behavior of material.

Siavash Mahjourian Namari

Study of various parameters on the dynamics strength of concrete

(Master's Thesis)

Supervisor: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach, Dipl.-Ing. Matthias Quast

The behaviour of concrete under high strain loading has been investigated world-wide. However, it has been found that the results are not comparable due to the differences in testing methods and techniques, material mixtures and so on. On this account, the agreements and contradictions of previous studies are surveyed, through

an extensive literature review of influential factors on the behaviour of concrete under wide range of compressive and tensile strain rates. In addition, a series of compressive impact tests in a split-Hopkinson bar has been done for examining two of the controversial factors (quality of concrete and specimen size) involving dynamic strength of concrete. The higher static strength of concrete does not necessarily lead to decrease of enhancement in the dynamic strength. Although, the specimen size variations appear to differ the dynamic strength of concrete and lead to an overestimation, for proving this statement, evaluating the different specimen sizes with the equal strain rate are suggested. The results of the experiments and previous works can be used as a proper source for future studies.

Pushkar Koirala

Textile reinforced concrete (TRC) sandwich elements: evaluation of experimental data and numerical calculations

(Master's Thesis)

Supervisor: Prof. Dr.-Ing. habil. Ulrich Häußler-Combe, Joachim Finzel M.Sc.

As the research on sandwich structures is still going on, several researchers have proposed their own calculation procedures for sandwich beams. Assumptions and behaviour on the sandwich element or beam is slightly different from the ordinary beam theory. Availability of various methods for the calculation of the various parameters on a sandwich structure is mainly discussed.



Split-Hopkinson bar

Photo: Ulrich van Stipriaan

As we can realize from the term “sandwich”, a calculated specimen consists of layers composed of various materials having different mechanical properties. Textile reinforced concrete composed with fine grained concrete and two different carbon textiles were used as a face sheet of the sandwich beam. Similarly, polyurethane foam of the grades PU32, PU80 and PU200 were used as a core material for calculation of the various parameters related to the sandwich beam. In parallel to this, the calculated results were compared with the experimental results obtained for the same setup of the sandwich beam respectively. The differences in both of the techniques were evaluated.

Junaid Anwar Syed

Simplified dynamics of offshore structures
(Master’s Thesis)

Supervisor: Prof. Dr.-Ing. habil. Ulrich Häußler-Combe, Joachim Finzel M.Sc., apl. Prof. Michael Muskulus (University Trondheim)

Offshore structures have a long history of being successfully designed by frequency domain methods. The main advantage is their speed, which allows for evaluation of many parameters and (preliminary) design optimization. This approach shall be re-evaluated for modern offshore wind turbines, which are highly dynamic structures and traditionally analyzed by time-domain simulations. In this project, the student implemented the frequency domain for a typical offshore wind turbine on a jacket structure. Transfer functions were estimated and used to calculate response spectra and fatigue lifetimes of hot spots at jacket joints. Results were compared with time-domain simulations, and the accuracy of the frequency-domain method was discussed. Recommended practices were developed. Of special importance here was developing an effective approach for incorporating the additional aerodynamic damping from the relative motion of the rotor. Different strategies, such as modification of transfer functions or excitation spectra were possible and could be evaluated.

Mohammad Azam Khan

Design of the Salal stadium in Qatar
(Master’s Thesis)

Supervisor: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach, Dipl.-Ing. Matthias Quast, Dipl.-Ing. Michael Frenzel

The design of a stadium in Umm-Salal, Qatar, hosting 45,000 spectators for the FIFA World Cup Championship in 2022 was the focus of this Master’s Thesis. At a preliminary design stage, it was necessary to take into consideration the local environmental conditions, norms and codes. Three different preliminary design approaches were compared according to their advantages, disadvantages and feasible costs. Then, the most efficient design approach was chosen for further design calculation and analysis. The selected design consists of a 3D Delta truss beams for the roof structure of the stadium and a 3D truss columns which gives a good facade view to the stadium. The 3D truss beams give more stability against the lateral forces and torsional buckling. The total area covered by the stadium structure, without the façade, is 33,096 m² and the area covered, including the façade, is 50,190 m². It has a capacity for 45,992 spectators, including all the necessary rooms and service facilities. The analysis of the frame structure of the stadium was done using RSTAB 8 from Dlubal. The resulting moments and forces’ values obtained from RSTAB 8 were compared to the calculated capacity of structural members, in order to make sure that the cross sections of the members and material properties were sufficient, economic, ensuring safety of the structure.

Seaeed Mushtak

Design and analysis of a reinforced concrete multi-storey skeleton construction exposed to earthquake actions
(Master’s Thesis)

Supervisor: Prof. Dr.-Ing. habil. Ulrich Häußler-Combe, Joachim Finzel M.Sc.

A multi-storey skeleton design is calculated according to EN 1992 (EC2) and EN 1991 (EC1). The beam’s and column’s calculations were done by using the ETABS program; the same loads and factors are used for simulation and designing. The program gave the top/bottom area of steel layers for beams and total area of steel for columns. Using the referred codes, the dimensions and stirrups spacing were found. The static ConFem part was written according to previous calculation. The multi-storey skeleton simulations were done by selecting the critical cross section. Afterwards the seismic load was calculated, according to EN 1998 (EC8). The seismic load calculation depended on many factors such as importance factor,

ground type and a peak ground acceleration. By using horizontal elastic response spectrum and selecting earthquake type 1, the base shear force was calculated and the seismic horizontal force was distributed to each storey. For dynamic ConFem calculation, two methods were used. The first method used the amplitude taken from ETABS and converted to ConFem code, the second method used the previous seismic loads. The Eigen-values and modes were evaluated. The multi-storey skeleton frame structure was simplified to a 3-degree-of-freedom system. The design recommendations for damage reduction were provided based on reducing the earthquake transfer from ground to structure and by limiting the rigid connection between the foundation and structure frame. This was done by using the dynamic isolation system, which is a structural design approach that aims to control the response of a structure to horizontal ground motion through the installation of a horizontally flexible and vertically stiff layer of structural isolation hardware between the superstructure and its substructure.

Mehran Zamani

Design and Dimensioning of lightweight prefabricated UHPC girders for bridges
(Master's Thesis)

Supervisor: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach, Dr.-Ing. Frank Jesse (Hentschke Bau, Bautzen), Dr.-Ing. Kerstin Speck

The purpose of this thesis is to find an optimal and economical pre-stressed precast concrete girder for the bridge using normal strength concrete (NSC, C45/55), high performance concrete (HPC, C100/115) and ultra-high performance concrete (UHPC, C150). In order to see the allowable concrete strength for the cross section, three specimens with different concrete compressive strengths were tested. All three sample's results correlated well with calculate values. For each specimen, an economical cross section with minimum area of concrete and number of strands was chosen. Each value was calculated according to EN 1992-1-1 and DIN 1045-1. Due to a lack of standards in Germany and Europe for designing UHPC, guidelines from different standards around the world and researches were used, for instance, for calculating the shrinkage strain, the creep coefficient or to calculate the shear carrying capacity. By increasing the strength of concrete, the required area of cross section and number of

strands decreases. Moreover, the time dependent loss of pre-stress force is increased. The use of UHPC reduces the concrete volume of up to 38 % when compared to NSC. The total weight of girder is reduced by 19 %. It was concluded that pre-stressed UHPC I-beams gave the highest possible load capacity with minimum use of materials. It is clear that a reduction in the weight of the superstructure will lead to a reduced size of the substructure and foundations and reduced overall cost of the bridge. Furthermore, a reduction in the concrete consumption will have considerable environmental benefits through the reduction of energy consumption. With its very high strength, high modulus and very low permeability, UHPC can provide major improvements over conventional HPC in terms of structural efficiency, durability and cost-effectiveness on girder bridges.

Koemsan Toch

Sensitivity analysis on a strengthened RC-beam using random field
(Master's Thesis)

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

In this report, a global sensitivity analysis is adopted to analyse the influence of the tensile strength of the textile reinforcement along with the compressive strength of the concrete (CSS) on the bending capacity of a retrofitted reinforced concrete beam element. The numerical analysis based on the finite element method made by the means of ConFem is also applied for analysing the effects of strengthening of a RC-beam using textile reinforced concrete (TRC) layers. 640 samples governing textile and CSS chosen according to Sobol's sampling method were analysed by using the global variance-based sensitivity analysis originating from Sobol's method. Through this sensitivity analysis we can prove that the tensile strength of the TRC has much influence on increasing the bending capacity of the structure. Hence, retrofitting the existing reinforced concrete with TRC will be an effective method to extend the service life of the beam element. However, these small amounts of samples are not sufficient to validate this conclusion, and further investigations are recommended to improve the understanding of the most influential carrying mechanisms in a strengthened RC-beam presented herein.



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>)

Mit Carbon gegen marode Brücken

Vereinsgründung C³ – Carbon Concrete Composite am 22.01.2014

Die Medien waren in den vergangenen Monaten voll mit Berichten über marode Brücken. Wir gehen jetzt die Lösung an, sie nachhaltig zu sanieren!“ Professor Manfred Curbach strahlt seinen Optimismus nicht von ungefähr aus: Er wurde gerade zum Vorsitzenden des neuen Vereins „C³ – Carbon Concrete Composite“ gewählt.

Exakt 40 namhafte Firmen und Vertreter deutscher Universitäten haben sich in dem Verein zusammen gefunden, um einer Revolution beim Bauen den Weg zu ebnen. Von der Technischen Universität Dresden engagieren sich insgesamt acht Institute an der Erforschung und Entwicklung des neuen Carbonbetons.

Ex-Bilfinger Vorstand Klaus Raps, stellvertretender Vorsitzender des neuen Vereins C³, ist begeistert, dass „hier etwas völlig Neues entsteht: das Bauen steht vor einer revolutionären Weiterentwicklung. Mit dem Ersatz des leicht rostenden Stahls durch Carbon starten wir hinsichtlich Haltbarkeit, Nachhaltigkeit und Schönheit in eine neue Ära.“

Der Bund unterstützt das engagierte Anliegen, in den nächsten zehn Jahren etwa 20 % der Stahlbewehrung durch Carbonbewehrung zu ersetzen, mit 45 Mio. Euro. Das Konsortium Carbon Concrete Composite ist eins von zehn Projekten, das im Rahmen des Programms Zwanzig20 des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert wird.

„Das Zeitalter des Stahlbetons ist vorbei – Carbon Concrete Composite läutet den Paradigmenwechsel ein!“, sagt Prof. Curbach, der an der TU Dresden Direktor des Instituts für Massivbau ist. Er sieht die Zukunft des Bauens in der hochtechnologischen Verbindung von Carbon und Beton.

Das dauerhafte, leichtere und zudem festere Material Carbon eröffnet zudem noch etliche



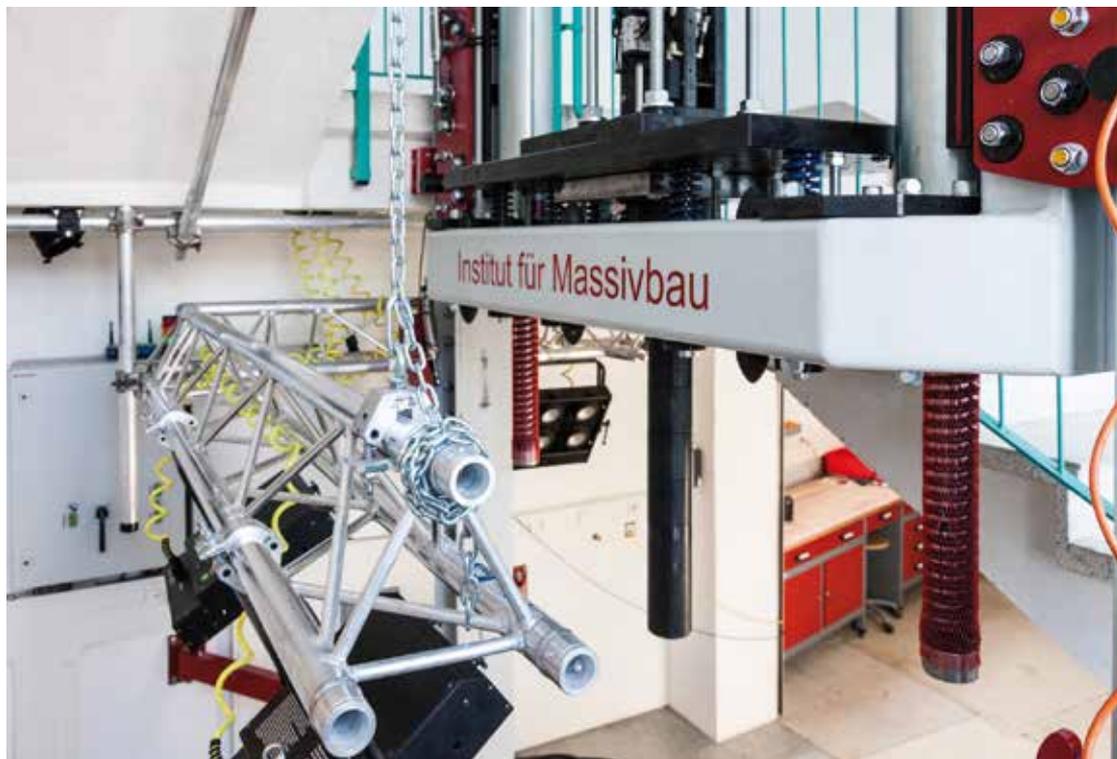
Der Vorstand des Vereins

Foto: Ulrich van Stipriaan

Möglichkeiten, neue Technologien in Bauten zu integrieren.

Der Wechsel zur Materialkombination von Carbon und Beton liefert mehr als die Summe ihrer Teile: Sie führt zu einer neuen Art zu konstruieren, zu bauen und zu leben. Curbach: „Wir machen den Schritt vom plumpen Betonbau der Vergangenheit zur Filigranität, Leichtigkeit und Ästhetik des Betonbaus der Zukunft. Wir reduzieren den Energieverbrauch und den CO₂-Ausstoß bei der Herstellung und Instandsetzung unserer Bauwerke, wir schonen unsere wertvollen Ressourcen.“

Derlei Ideen kämen einer Revolution gleich – der zweiten friedlichen, die innerhalb einer Generation vom Osten Deutschlands ausginge: Die grundlegenden Ideen wurden in Dresden geboren und mit der Erforschung von Textilbeton vorangetrieben. Mit dem neuen Projekt C³ – Carbon Concrete Composite wollte man jetzt auf den erfolgreichen Forschungen aufsetzen und in eine neue Dimension vorstoßen. Zwischen 1.000 und 3.000 neue Arbeitsplätze sind, vorsichtigen Prognosen zufolge, in den kommenden zehn Jahren zu erwarten – von den Grundmaterialien und dem Maschinenbau (der ja in Sachsen eine lange Tradition hat) bis zum fertigen Bauwerk.

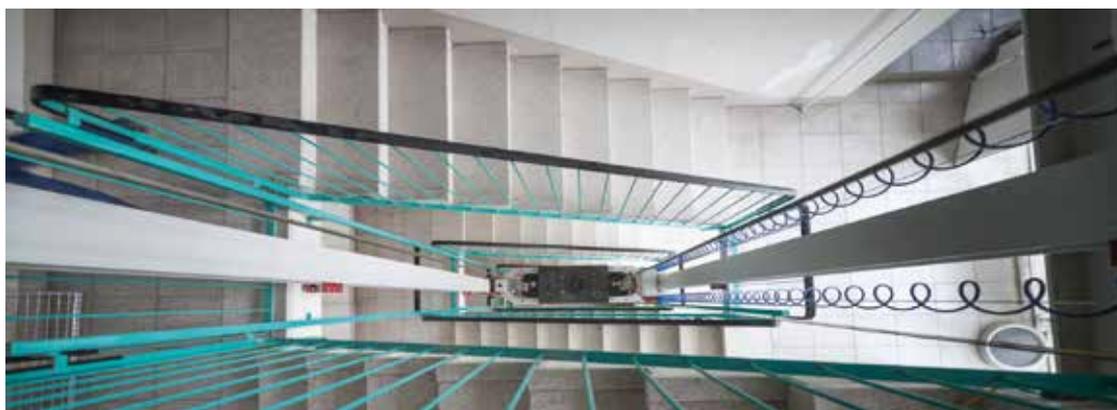


Dynamik: Elf Meter hoher Fallturm im OML

Am 28.01.2014 wurde eine weitere Versuchsanlage zur hochdynamischen Prüfung von Betonstrukturen (Fallturm) offiziell in Betrieb genommen. Die 11 Meter hohe, kombinierte Fall- und Beschleunigungsanlage wurde in ein 4-stöckiges Bauwerk integriert. Diese Großanlage hilft uns, den Werkstoff Beton und dessen Verhalten unter dynamischen Belastungen noch

besser zu verstehen. Neben der Grundlagenforschung bieten sich vielfältige Einsatzmöglichkeiten in der Werkstoff- und Bauteilprüfung. Konzeption, Konstruktion und Aufbau erfolgte mit Mitteln des BMWi und unter Projekträgerschaft der GRS. Die Weiterentwicklung und Optimierung der Versuchsanlage wird gegenwärtig mit Fördermitteln der DFG durchgeführt.

Fotos (2): Ulrich van Stipriaan



Treff der Brückenbauer

Das **24. Dresdner Brückenbausymposium** war mit rund 1.300 Besucherinnen und Besuchern wieder *der* Treff der deutschsprachigen Brückenbauer. In insgesamt neun Fachbeiträgen berichteten nach der Begrüßung durch den Veranstalter, Prof. Manfred Curbach vom Institut für Massivbau, Experten von ihren Projekten und stellten Lösungen für Probleme vor. In den Pausen zwischen den Blöcken war ausreichend Zeit für Diskussionen und die Besichtigung der Fachausstellung im Hörsaalzentrum der TU Dresden. Foto: Ulrich van Stipriaan



Faltwerke wörtlich genommen

Im Jahr 2014 wurde am Institut für Massivbau ein Schüler der 11. Klasse des Martin-Andersen-Nexö-Gymnasiums bei der Erstellung seiner wissenschaftlichen Projektarbeit zum Thema „Optimierung der Geometrie komplexer Faltwerke“ betreut.

Zunächst erarbeitete er sich in Hausarbeit das komplexe Tragverhalten von Flächentragwerken und die geometrischen Probleme beim Übergang

von der zweiten in die dritte Dimension – dem eigentlichen Faltvorgang. Neben Wikipedia und Co. mussten auch zahlreiche Artikel in Fachzeitschriften befragt werden. Mit diesem Wissen konnten die Schnittbögen erstellt und das Tragverhalten abgeschätzt werden.

In den Winterferien wurde es dann ernst: Aus Pappe und Klebeband wurden zahlreiche Modelle erstellt und im Otto-Mohr-Labor getestet. Die



Konzentriert bei der Sache: Schülerpraktikant Michael Schneider.
Foto: Doreen Sonntag

Versuchsdurchführung und Dokumentation lag dabei in den Händen des Schülers. Bei der Auswertung der Versuche bestätigte sich der enorme Einfluss einer perfekten Geometrie auf das Tragverhalten des Tragwerkes. Oder wie der Bauingenieur sagen würde: Aufgrund der zahlreichen Imperfektionen wurde fast ausschließlich Stabilitäts- und selten Materialversagen beobachtet. Diese Erkenntnisse flossen in verbesserte Modelle ein, die in den Sommerferien getestet und abschließend als „Besondere Lernleistung“ ausgewertet wurden.

Beyer-Preis für Angela Schmidt

Der Kurt-Beyer-Preis 2013 wurde am 21. März 2014 im Festsaal des Rektorats verliehen. Preisträgerinnen sind Dipl.-Ing. Angela Schmidt vom Institut für Massivbau, Fakultät Bauingenieurwesen, und Dr.-Ing. Diana Zitzmann, Fakultät Architektur.

Angela Schmidt erhielt den Preis für ihre Diplomarbeit "Formoptimierung von Stützen". Sie hatte sich bereits im 9. Fachsemester im Rahmen ihrer Projektarbeit mit der Formoptimierung von Stützen beschäftigt. Dafür wurde sie bereits 2013 mit dem Brendel-Preis geehrt. Dem Thema der Projektarbeit blieb Angela Schmidt treu, indem sie es in ihrer Diplomarbeit weiter vertiefte. "Bei beiden Arbeiten bewies Frau Schmidt in herausragender Art und Weise, dass sie sich ausgezeichnet in schwierige und für Studierende ungewohnte Themen und Fragestellungen einarbeiten und diese hervorragend lösen kann", sagte der Dekan der Fakultät Bauingenieurwesen, Prof. Rainer Schach, in seiner Laudatio.

Der Kurt-Beyer-Preis ist mit insgesamt 5.000 Euro dotiert, der Preis wurde hälftig geteilt. Zur Auswahl standen insgesamt zehn Arbeitenden – sechs von der Fakultät Bauingenieurwesen und vier von der Fakultät Architektur. Die beiden Preisträgerinnen stellten ihre Arbeit im Rahmen der Preisverleihung vor, den Preis überreichte Dipl.-Ing. (FH) Stephan Otto von der HOCHTIEF Solutions AG, Civil Engineering and Traffic Infrastructure, die den Preis seit dem Jahr 2011 stiftet (zuvor wurde er seit 1996 von der HOCHTIEF Construction AG gestiftet).



Stephan Otto, Angela Schmidt, Prof. Rainer Schach (v.l.n.r.). Foto: UVS

Prof. Curbach erhielt Leopoldina-Urkunde



Prof. Manfred Curbach erhält seine Mitgliedsurkunde aus den Händen des Präsidenten der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina, Professor Jörg Hacker (r.)
Foto: Markus Scholz für die Leopoldina

Im Rahmen des jährlichen Symposiums der Leopoldina-Klasse I haben hochrangige Wissenschaftler ihre Mitgliedsurkunden aus den Händen des Präsidenten der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina, Professor Jörg Hacker, erhalten.

Unter den 15 Wissenschaftlern, die 2013 in die Klasse I hinzu gewählt worden sind, ist der einzige Dresdner Prof. Manfred Curbach vom Institut für Massivbau der Technischen Universität Dresden. Er ist in der Leopoldina – eine der ältesten Wissenschaftsakademien der Welt – Mitglied der Sektion Technikwissenschaften.

Die Leopoldina wurde 1652 gegründet und ist der freien Wissenschaft zum Wohle der Menschen und der Gestaltung der Zukunft verpflichtet. Mit ihren rund 1500 Mitgliedern versammelt die Leopoldina hervorragende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus Deutschland, Österreich, der Schweiz und zahlreichen weiteren Ländern.

GreenTec-Award für Carbonbeton

Gewinner in der Kategorie Bauen und Wohnen bei den GreenTec Awards – einem der größten Preise für grüne Technologien, Initiativen und

Unternehmen in Europa – ist das Forscherteam vom Institut für Massivbau der TU Dresden. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler um Prof. Manfred Curbach wollen mit Carbonbeton das Bauen revolutionieren.



Ulrich Assmann (2.v.r.), Vorstand der TUDAG, nahm den GreenTecAward in der Kategorie Bauen und Wohnen für das Konsortium „C³ – Carbon Concrete Composite“ entgegen. Wirtschaftsbürgermeister Dirk Hilbert (r.) zeigte sich hocherfreut über die neuerliche Anerkennung des Standorts Dresden. Mit im Bild: Dr.-Ing. Matthias Liebold von der Forschergruppe Carbonbeton (l.) und Sven Krüger von den GreenTec Awards. Foto: Ulrich van Stipriaan

Das Konsortium „C³ – Carbon Concrete Composite“ war eins von über 30 Bewerbern in dieser Kategorie. Am 4. Mai stehen die Dresdner Forscher während der Festgala im Rahmen der weltweit größten Umwelttechnologiemesse IFAT in München auf dem Siebertreppchen. Die inoffizielle Preisverleihung vor Ort fand bereits statt: vor der geschichtsträchtigen Kulisse der Frauenkirche übergab Sven Krüger am 22. April 2014 für den Veranstalter GreenTec Awards den Preis. Ulrich Assmann, Vorstand der TUDAG und Mitglied im Vorstand des Vereins „C³ – Carbon Concrete Composite“, nahm den Preis in Anwesenheit von Dresdens Wirtschaftsbürgermeister Dirk Hilbert entgegen.

Der Geschichte auf den Grund gehen

Die TaskGroup *History of Concrete Structures* der fib (*fédération internationale du béton*) traf sich im Juni 2014 in Dresden zu ihrer konstituierenden Sitzung. Prof. Manfred Curbach hatte die Gruppe initiiert und ist ihr Vorsitzender.

Die international besetzte Gruppe will die Geschichte des Betons weltweit aufarbeiten und helfen, dieses Wissen sowohl im akademischen Bereich als auch Bauingenieuren und anderen Interessierten auf der ganzen Welt zu verbreiten. Dazu erarbeiten die Mitglieder ein Textbuch, das die Erkenntnisse zusammen tragen soll.



Teilnehmer der ersten Sitzung der TaskGroup *History of Concrete Structures* in Dresden.

TUDALIT®-Textilbeton zur Anwendung freigegeben

Eine Revolution beim Bauen hat begonnen: Textilbeton der Marke TUDALIT®, bislang nur in Forschungslaboren und an einzelnen Bauwerken in der Praxis erfolgreich angewandt, wurde im Frühjahr 2014 vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) in Berlin zur Anwendung freigegeben: Unter der Nummer Z-31.10-182 hat das Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit TUDALIT® die bauaufsichtliche Zulassung erhalten.

Diese Zulassung ermöglicht es Bauherren, Architekten, Planern und Firmen des Baugewerbes, TUDALIT®-Textilbeton im Innenbereich gezielt anzuwenden. Der innovative Baustoff erlaubt extrem schlanke Verstärkungen im Betonbau und eignet sich besonders bei schwierigen räumlichen Verhältnissen und im Denkmalschutz, wenn beispielsweise die optischen Relationen eines Raumes gewahrt bleiben sollen.

Die Grundlagen des Textilbetons wurden an der TU Dresden gelegt mit frühen Forschungen des damaligen Instituts für Textil- und Bekleidungstechnik mit Prof. Peter Offermann und des Institut für Massivbau mit Prof. Curbach. In zwei DFG-Sonderforschungsbereichen in Dresden und Aachen wurden die Grundlagen dann vertieft, bevor unter der Federführung der TUDAG die Zulassung durch den TUDALIT e.V. vorangetrieben wurde. Somit steht nun einer Anwendung des revolutionären Verbundbaustoffs im Alltag von Bauherren nichts mehr im Wege.

TUDALIT®-Textilbeton darf nur durch eigens hierfür zertifizierte Unternehmen verarbeitet werden. Die hohen Qualitätsstandards der im TUDALIT e.V. zusammengeschlossenen Unternehmen der gesamten Wertschöpfungskette sind in der Zulassung festgeschrieben – dadurch ist gewährleistet, dass nur erfahrene Unternehmen mit fundierten Kenntnissen des HighTech-Baustoffs TUDALIT® Textilbeton verarbeiten.



Verstärken mit Textilbeton Foto: Frank Schladitz

Spezielle Schulungen vermitteln Neulingen bei der Verarbeitung von TUDALIT®-Textilbeton das erforderliche Know-How, das Baustellenpersonal erhält dort die notwendigen theoretischen wie praktischen Kenntnisse. Die ersten Kurse beginnen bei der renommierten EIPOS GmbH im Herbst 2014.

Hintergrund:

Der in das Vereinsregister beim Registergericht Dresden eingetragene TUDALIT e.V. will unter der Marke TUDALIT® Produkte aus oder mit Textilbeton und Anwendungen zur Verstärkung und Instandsetzung aus oder mit Textilbeton in großem Umfang bekannt machen, den Ruf von TUDALIT® fördern und sich für den Schutz der Marke TUDALIT® als Qualitätsbezeichnung für den innovativen Verbundwerkstoff einsetzen.

Der Verband wurde im Januar 2009 in Dresden gegründet. Sein oberstes Ziel ist, die Ergebnisse der wissenschaftlichen Forschungs- und Entwicklungsarbeit und die damit erreichten Qualitätsstandards auszubauen. Die Erwirkung einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung hat der Verband mit hohem finanziellen Aufwand betrieben. Nach dem Meilenstein der jetzt erfolgten Zulassung von TUDALIT®-Textilbeton für den Innenbereich folgen weitere Zulassungen.

Ein Abend der Sieger

Erstaunlich voll war's gleich um 18 Uhr bei der Langen Nacht der Wissenschaften 2014: Es lief die Fußball-WM – und das muss ja kein Gegensatz zur Wissenschaftsshow sein. Die Bauingenieure hatten sich die Lizenz zum Spielen geholt, bzw. zum Zeigen derselben. Also lief auf einer Leinwand das Spiel Deutschland gegen Frankreich und parallel dazu das Angebot der Bauingenieure für die Lange Nacht – wenn auch in dieser Phase auf ausgewählte Stände konzentriert: Die Kinder bauten beim Institut für Massivbau Kühlschrankschrankmagnete aus Beton, nebenan gab's

schon die erste Schlange für den Allzeit-Renner Baggerfahren – ein Angebot, das von Mitarbeitern des OML betreut wurde. Naja, und auch die Studentinnen und Studenten der Fachschaft hatten gut zu tun: Sie standen am Grill und hielten planschbeckengekühlte Getränke bereit. Stahlbauer, Glasbauer, Brückenprüfer vom Otto-Mohr-Laboratorium, Informatiker, Straßenbauer – sie alle gaben spannende Einblicke in ihre Arbeit und zeigten, wie viel Spaß Wissenschaft machen kann. Nicht nur in langen Nächten!

Fotos: Ulrich van Stipriaan



Spurensuche in Deutschland

Nachdem in den vergangenen Jahren Brücken des europäischen Auslandes erkundet wurden, standen auf der diesjährigen Brückenexkursion herausragende Ingenieurbauwerke Deutschlands im Fokus. Während der achttägigen Exkursion konnten die Studenten des 8. Semesters sowohl einen Einblick in bestehende Bauwerke als auch in den Brückenneubau und in die Instandsetzung nehmen.

Angefangen mit der schwungvollen Drachenschwanzbrücke in Ronneburg, Europas längster Spannband-Holzbrücke, führte die Exkursion quer durch das grüne Herz Deutschlands. Hier wurden die imposante Talbrücke Froschgrundsee und die Grümpentalbrücke als Vertreter des Verkehrsprojektes VDE 8 von der Deutschen Bahn vorgestellt. Beide Brücken sind mit einer Bogenspannweite von 270 m die am weitest gespannten Eisenbahn-Betonbogenbrücken Europas.

Weiter ging die Reise über Stuttgart, wo integrale und semi-integrale Bauwerke wie die Brücken der Landesmesse Stuttgart, die Talbrücke Backnang und das BOSCH-Parkhaus über der Autobahn A 8, durch das Ingenieurbüro LAP näher vorgestellt wurden. Auch die Instandsetzung der Kochertalbrücke, Deutschlands höchster Talbrücke mit 185 m konnte von den Studenten bei einer Führung über die Baustelle und durch den Spannbetonhohlkasten hautnah erlebt werden.

Ein weiteres Highlight war die Begehung der in die Jahre gekommenen Müngstener Brücke, einer Eisenbahnbrücke aus dem Jahr 1897. Während der Führung zur Instandsetzung der 107 m hohen und damit Deutschlands höchster Stahlgitterkonstruktion wurde den Studenten gezeigt, dass Bauen im Bestand oftmals schwieriger ist als die Planung von Neubauten.

Viele der ausgewählten Brücken der Route erhielten in der Vergangenheit den Brückenbaupreis bzw. waren dafür nominiert. So auch die Spann-



Teilnehmer der Brückenexkursion in Bochum
Foto: Robert Zobel

bandbrücke Slinky Springs to Fame in Oberhausen und die attraktive S-förmige Radwegbrücke über die Gahlensche Straße in Bochum (SBP). Anhand der leichten Konstruktion konnten die Studenten die Begriffe „Schwingung“ und „Anregung“ selbst erfahren.

Auf dem Weg nach Hamburg wurde die Gläserne Brücke in Bremerhaven aufgesucht, die neben ihrer Funktion als Drehbrücke durch ihre gläserne Hülle das Hafenbild prägt. Angekommen in Hamburg wurde neben der 3618 m langen Köhlbrandbrücke, der Baakenhafenbrücke und der Besichtigung des bedeutenden Infrastrukturprojektes Rethklappbrücke auch die Hafencity Hamburg mit der Elbphilharmonie in einer Hafenrundfahrt vom Wasser aus erkundet.

Auch weitere Ingenieurbauwerke wie der Aussichtsturm auf dem Killesberg in Stuttgart und der 62 m hohe skulpturale Messturm in Rostock, als höchste tensegre Struktur Europas, gehörten zum breit gefächerten Programm der diesjährigen Exkursion.

Den Abschluss bildete die Besteigung des 40 m hohen Pfeilers der Strelasundbrücke. Dabei konnten der dreizellige Stahlhohlkasten als auch der Spannbetonhohlkasten der Schrägkabelbrücke besichtigt werden.

Sanierung und Verstärkung von Betonbauteilen

Dr.-Ing. Regine Ortlepp hat am 27. Oktober 2014 mit einem wissenschaftlichen Vortrag und anschließendem Kolloquium sowie einer Probedorlesung ihr Habilitationsverfahren zum Abschluss gebracht. Ihr Vortrag zum Thema "Oberflächengeometrie rauer Betonoberflächen zur Kraftübertragung ohne zusätzliche Bewehrung" wurde von den Gutachtern Prof. Manfred Curbach (TU Dresden), Prof. Harald S. Müller (KIT Karlsruhe) und Prof. Jürgen Schnell (TU Kaiserslautern) sowie den weiteren Mitgliedern der Habilitationskommission unter Vorsitz von Prof. Schach diskutiert. Die Probedorlesung hielt Dr. Ortlepp zum Thema "Verstärkungsverfahren für Stahlbetonbauteile".

Regine Ortlepp ist 1975 in Freiberg geboren. Vor dem Studium des Bauingenieurwesens an der TU Dresden hatte sie zwei Semester Architektur in Dortmund studiert. Für ihre Diplomarbeit "Wiederherstellung des Turmhelmes der Lukaskirche" erhielt sie 2002 den Kurt-Beyer-Preis, den sie im

Jahr 2009 erneut überreicht bekam – für "herausragende Ergebnisse der wissenschaftlichen Dissertation". Promoviert wurde sie mit einer Arbeit zum Thema "Untersuchungen zur Verbundverankerung textilbewehrter Feinbetonverstärkungsschichten für Betonbauteile". Als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Massivbau der Technischen Universität Dresden hat Regine Ortlepp zahlreiche Forschungs- und Praxisprojekte auf dem Gebiet des textilbewehrten Betons durchgeführt. Seit 2013 ist sie wissenschaftliche Mitarbeiterin am Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung in Dresden.

Mit ihrer Habilitationsschrift "Aspekte der Sanierung und Verstärkung von Betonbauteilen" liefert Dr. Ortlepp einen Beitrag für die Nachhaltigkeit und längere Verwendbarkeit der gebauten Umwelt. Die Schwerpunkte ihrer Arbeit Verstärkung von Stützen und der Verbund Altbeton-Neubeton liefern grundlegende Erkenntnisse für die Anwendung von Textilbeton.

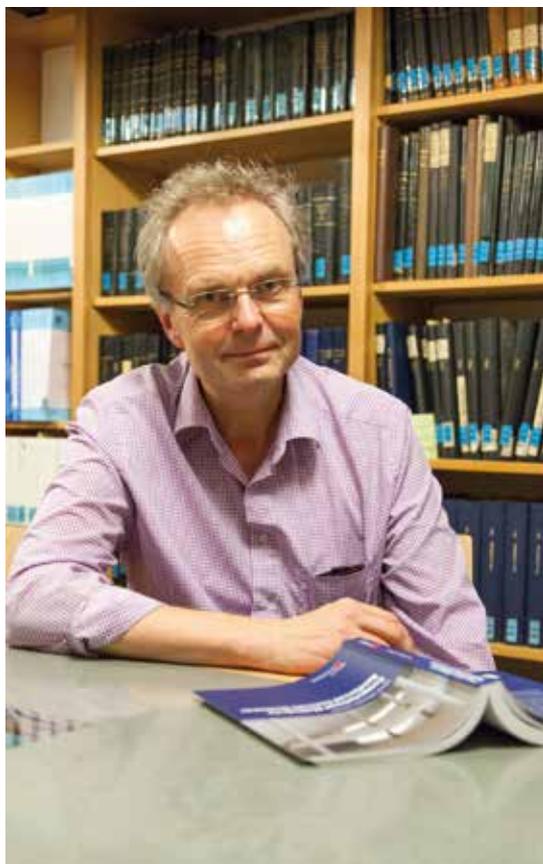


Habilitation von Regine Ortlepp Fotos: Ulrich vanStipriaan

Computational Methods for Reinforced Concrete Structures

“Ein Buch für Studium, Lehre und Forschung, ebenso wie für Tragwerksplaner und Prüfingenieure” – so bewirbt der Verlag Ernst & Sohn das neue Buch “Computational Methods for Reinforced Concrete Structures”, das gerade erschienen ist. Geschrieben hat es Prof. Dr.-Ing. habil. Ulrich Häußler-Combe von der Professur für spezielle Massivbauwerke. Das englischsprachige Buch gibt einen kompakten Überblick über numerische Methoden und das Materialverhalten von Stahlbeton und Spannbeton. Auf dieser Basis werden Stäbe, Balken, Stabwerkmodelle, Platte, Scheiben und Schalen untersucht und Rechenbeispiele entwickelt.

Computational Methods for Reinforced Concrete Structures behandelt die Anwendung numeri-



Ulrich Häußler-Combe Foto: Ulrich van Stipriaan

scher Methoden auf die Berechnung von Stahlbetontragwerken. Rissbildung, Verbundwirkung und nichtlineares zeitabhängiges Spannungs-Dehnungs-Verhalten der Stahlbetonelemente lassen sich mit der Elastizitätstheorie allein nicht darstellen. Die Erfassung solcher Phänomene ist jedoch für die Untersuchung der Grenzzustände der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit erforderlich.

Dieses Buch gibt eine anwendungsbezogene Zusammenfassung der numerischen Methoden einschließlich FEM. Der Schlüssel dazu liegt in der Beschreibung und im Verständnis des Materialverhaltens. Die wichtigsten Materialeigenschaften von Beton und Bewehrungsstahl und ihre Verbundwirkung werden erläutert. Mit diesen Grundlagen werden verschiedene Elemente wie Stäbe, Balken, aber auch Stabwerkmodelle, Platten, Scheiben und Schalen behandelt. Dabei werden Vorspannung, Rissbildung, nichtlineares Spannungs-Dehnungs-Verhalten, Kriechen, Schwinden und Temperatureinwirkungen berücksichtigt.

Für alle Tragelemente werden die jeweils geeigneten Methoden hergeleitet. Dynamische Aufgaben und quasi-statische Kurzzeiteinwirkungen sowie vorübergehende Prozesse wie Kriechen und Schwinden werden gelöst. Die Problemstellungen werden anhand von zahlreichen Beispielen veranschaulicht. Diese sind mit dem Programmpaket ConFem berechnet, welches zusammen mit den Eingabedaten unter Open-Source-Bedingungen online zur Verfügung steht.

Der Autor zeigt die Möglichkeiten und Grenzen der numerischen Methoden der Baustatik zur Simulation von Stahlbetontragwerken auf.

Ulrich Häußler-Combe
Computational Methods for Reinforced Concrete Structures
354 Seiten, 184 Abbildungen, Softcover
Wiley Ernst & Sohn, 2014
ISBN: 978-3-433-03054-7
59,- Euro
Auch als eBook erhältlich.

In sieben Stunden von Dresden nach Amerika und zurück – Projekttag 2014

Der Forstbotanische Garten in Tharandt ist ein botanisches Highlight in der Dresdner Region. Auf wenigen Hektar Fläche wurde vor mehr als 200 Jahren von Heinrich von Cotta und Johann Adam Reum begonnen, heimischen und vor allem nicht heimischen Gehölzen in Tharandt eine Heimat zu geben. Während einer interessanten Führung gelangten wir vom historischen Gartenteil zum –

zumindest für Bauingenieure – Highlight der Anlage – der 2002 gebauten Zeisiggrundbrücke. Von dieser ging es weiter, unter noch kleinen Mammutbäumen entlang in die „Rocky Mountains“ und somit den jüngsten Abschnitt des Areals. Nach einer kleinen Stärkung konnte auf dem Rückweg im Breiten Grund noch einer der mittlerweile sehr selten gewordenen Holzkohlemeiler bestaunt werden.



Unterwegs in Amerika bei Dresden... Fotos: Ulrich van Stipriaan



Bild: Ulrich van Stipriaan

1.9 - 2.002.04
1.98 - 2.002.04
1.98 - 2.002.04
1.98 - 2.002.04



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 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 traditionellen üblichen Prüfungen, wie

z. B. statische Druck- und Zugversuche an Kleinproben oder 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 neuer Bauteile als auch die Ausführung von Verstärkungsarbeiten oder auch der Bau- und Qualitätsüberwachung.

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
- Tests bei statischer oder zyklischer Belastung
- Versuche bei erhöhten Temperaturen
- Spezialversuche an Prüfkörpern unterschiedlichster Geometrie und Beschaffenheit

I.2 Zerstörungsfreie Materialprüfungen

- Ultraschallmessungen
- Rückprallwerte
- Bewehrungssuche
- Kraft-, Verschiebungs- und Dehnungsmessungen inkl. Photogrammetrie
- (Video-)Endoskopie
- Kriech- und Schwindversuche
- Dauerstandversuche



Prüfung eines Spannbetonmastes Foto: Sabine Wellner

I.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 Restnutzungsdauern 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 sowie zur Durchführung von Versuchen unter Temperatur-



Bohrkernentnahme
im Observatorium des Beyer-Baus
Foto: Sabine Wellner

einfluss. 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 umfasst.

Übersicht über die Ausstattung unseres Labors:

II.1 Betonherstellung

Formen

- ❑ Stahl-Standardformen für 10er und 15er Würfel, Zylinder (Durchmesser 150 mm) und Prismen (mit 3 Formfächern je 160 × 40 × 40 mm)
- ❑ Spezialformen für Zylinder mit Einschnürung (Betonzugfestigkeit)
- ❑ Schalungen zur Herstellung der Standard-Textilbetonproben

- ❑ Verschiedene Sonderanfertigungen

Mischer

- ❑ Zyklus ZK 50 HE (12–50 Liter)
- ❑ Pemat/Zyklus ZK 150 HE (50–170 Liter)
- ❑ Pemat PMPR 500 (120–500 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



Betonherstellung
Foto: Harald Micher

- ❑ 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 Einzelementen bis zu 10 t Gewicht und 5 m Höhe möglich)
- ❑ Aufspannfeld im Technikum (Fläche: ca. 15,0 × 10,5 m, Raster: 1,50 m, Lastkapazität bis 1 MN)
- ❑ Mehrere variable Portale ($H_{\max} = 4,0$ und 5,25 m sowie zwei Portale mit $H_{\max} = 6,00$ 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)

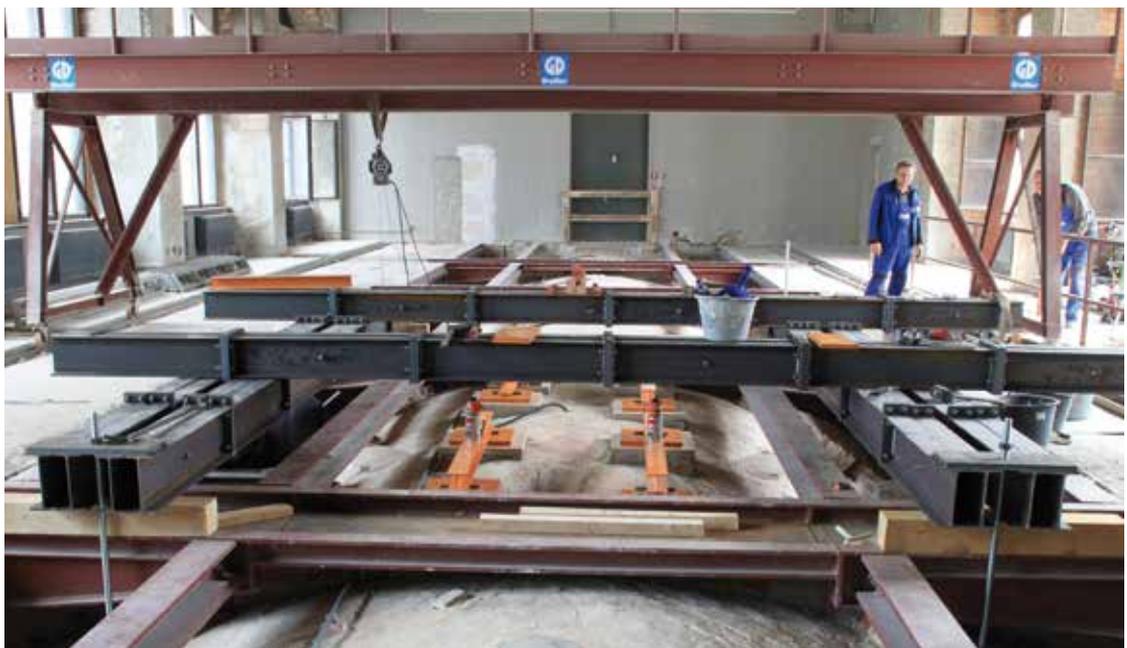
Spezielle Prüfmaschinen und sonstige Ausstattung

- ❑ 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: 100 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: 6,5 m)
- ❑ Fallgewichtsversuchsstand ($H_{max} = 5,0$ m, maximales Fallgewicht 49,1 kg)

- ❑ 10-MN-Bauteilprüfmaschine (Prüfkörpergröße bis $B \times L \times H = 2,5 \times 15,0 \times 4,0$ 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 50 mm, kinetische Energie des Impaktors: bis zu 1,8 kJ)
- ❑ Zweiaxialer Split-Hopkinson-Bar für hochdynamische Belastungsversuche (max. Belastungsgeschwindigkeit: 35 m/s, Prüfkörper: $50 \times 50 \times 50$ mm, kinetische Energie des Impaktors: je Achse bis zu 1,8 kJ)

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 $2,4 \times 2,4$ m
- ❑ Stand für Schubversuche
- ❑ Ausstattung zur Durchführung von Versuchen mit variabler Temperaturbeanspruchung
- ❑ Mehrere Steuerpulte



Aufbau einer Belastungseinrichtung bei einer In-situ-Prüfung Foto: Sabine Wellner

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 (5MP) und Zubehör
 - GOM ARAMIS 2D mit vier Kameras (12MP) und Zubehör
- Verschiedene Spiegelreflex- und Kompaktkamerasysteme
- Transientenrekorder für Messungen bei Hochgeschwindigkeitsversuchen
- AOS-Messgerät für Faser-Bragg-Gitter-Sensoren
- Hochgeschwindigkeitskamera 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
- Extensometer
- Seilzugsensor
- Windmesser

Vermessung

- Nivelliergerät
- Theodolit
- Verschiedene Entfernungsmessgeräte

Sonstiges

- Neigungsmessgerät (Winkelbestimmung bis +/- 30 °)
- Inclinometer LSOC-0120 (Winkelbestimmung bis +/-3 °)
- Verschiedene mechanische Längenmessgeräte (u. a. Messuhren, Setzdehnungsmesser (Bauart Pfender/Setzdehnungsmesser), Messschraube bzw. Mikrometerschraube)
- Hand-held-Shaker
- Magnet-Messstativ
- Federzugkraftmesser
- Verschiedene Kraftmessbügel
- Drahtauslenkungsmesser

II.6 Metallwerkstatt

- Umfangreiche, gut sortierte Auswahl an Standard-Werkzeugen
- Drehbänke
- Fräse
- Säge
- Ständerbohrmaschinen
- 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 160 t resp. 120 t.

Ein Schutzdach für die Straßenbahn

Was auf den ersten Blick nicht spektakulär klingt, entpuppte sich als echte Herausforderung für einen Statiker: Für ein Tiefbauprojekt ist am Rathenauplatz in Dresden der ungestörte Betrieb des Verkehrs aufrechtzuerhalten. Der Grund für die ungewöhnliche Aufgabenstellung ist, dass wegen eingeschränkter Platzverhältnisse die Bauteile über die viel befahrene Straßenbahntrasse gehoben werden müssen, da sie nicht direkt von ihrem Lagerbereich zum vorgesehenen Einbauort auf der Baustelle transportiert werden können. Daher ist es notwendig, die Gleise durch eine Schutzdachkonstruktion zu sichern.

Für die Erstellung der Statik einer solchen Stahlkonstruktion wurde ein Ingenieurbüro beauftragt. In den ersten Berechnungen wurde aber deutlich, dass die klassischen statischen Ersatzlastannahmen für die Berücksichtigung eines Aufpralls durch herabfallende Lasten zu deutlich zu hohen Beanspruchungen führten. Daher mussten realistische Ersatzlasten ermittelt werden. Die Ableitung der statischen Ersatzlast erfolgt im Allgemeinen aus der elastischen Reaktion des beanspruchten Bereiches des Tragwerkes. Durch energetische Gegenüberstellung ergeben sich bei bekannter Fallhöhe und mit den entsprechenden Maßen Lasten, die proportional zur Verformbarkeit der Struktur sind.

Eine weitere Aufgabe war, eine geeignete Struktur zu entwickeln und zu realisieren, die die Kräfte, die durch herabfallende Bauteile entstehen, durch einen möglichst hohen Verzögerungsweg dämpfen kann. Ausgangspunkt war eine mehrlagige Trapezblechkonstruktion, die die eingetragene Energie durch plastische Verformung absorbieren kann. In einem ersten Schritt wurden numerische Berechnungen der exemplarischen Tragstruktur durchgeführt, aus welchen die experimentellen Fallversuche abgeleitet werden konnten. Nach den erfolgreich durchgeführten Versuchen erfolgten

Titel

Ein Schutzdach für die Straßenbahn

Auftraggeber

Stadtentwässerung Dresden GmbH

Zeitraum

07.2014 – 09.2014

Leiter

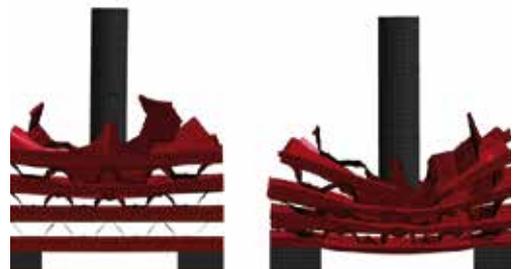
Dipl.-Ing. Tino Kühn

Bearbeiter

Dipl.-Ing. Tino Kühn, Thomas Hentschel, Dipl.-Ing. (FH) Sabine Wellner, Tino Jähnke

weitere Berechnungen zur Abschätzung des realen Tragverhaltens eines solchen Schutztragwerks und die Übertragung der gewonnen Erkenntnisse auf die reale Konstruktion.

Das Ergebnis der Untersuchungen ist, dass die numerische Abbildung des Versuches eine sehr gute Übereinstimmung mit den durchgeführten Experimenten ergab und mit Hilfe dieser gut validiert werden konnte. Die anschließende rein numerische Dimensionierung führte zu einer Konstruktion, die eine aus einer Fallhöhe von 4 m auf das Bauwerk einschlagende Masse von ca. 1000 kg so weit abfängt, dass keine Gefährdung für den darunter fahrenden Straßenbahnverkehr besteht.



Oben: Computergestützte Simulation (Grafik: Tino Kühn) | Unten: Sequenzen einer Hochgeschwindigkeitskamera während der ersten 100 ms des Versuches (Fotos: OML)



Bretter, die die Welt bedeuten...

Die in Dresden ansässige Firma VENTUM-S ist ein Hersteller für Bühnenkonstruktionen im Baukastenprinzip. Für die Serienproduktion ihrer neu entwickelten Leichtbauplatte sollte durch das Otto-Mohr-Laboratorium die geforderte Tragfähigkeit von 750 kg/m^2 im experimentellen Versuch nachgewiesen werden.

Diese Neuentwicklung weist eine maximale Gewichtsreduzierung bei voller Funktionalität im Vergleich zu anderen Konstruktionen auf. Die Leichtbauplatte besteht aus einem $1,2 \text{ mm}$ starken Schaumkern und einer beidseitigen, 6 mm starken Sperrholzschicht.

Um die Leistungsfähigkeit dieses neu entwickelten Produkts unter Beweis zu stellen, wurde im Vierpunkt-Biegeversuch mit einer Leichtbauplatte eine Belastungsprüfung durchgeführt. Diese Platte war $2,00 \text{ m}$ lang und $1,00 \text{ m}$ breit und wurde auf einem Tragsystem (Praktikabel) aufgelagert, welches für derartige Podeste oder Bühnenkonstruktionen verwendet wird. Für die Einleitung der Lasten in die Leichtbauplatte wurde eine Lastverteilung mittels Stahlträgern gewählt. Die Belastung wurde mit einem Hydraulikzylinder stufenweise mit zwischenzeitlicher Entlastung auf die Platte aufgebracht, bis die erforderliche Traglast von 750 kg/m^2 erreicht war. Die Verformungen wurden mit induktiven Wegaufnehmern an ausgewählten Stellen gemessen. Die Leichtbauplatte überstand die erforderliche Belastung ohne Probleme. Aus den Daten der Verformungsmessung war weiterhin zu erkennen, dass das Materialverhalten der Leichtbauplatte als elastisch einzustufen ist.

Außerdem müssen Podeste, die von einzelnen Personen begangen werden, einer Vertikallast von $1,5 \text{ kN/m}^2$ bzw. einer Einzellast von $1,5 \text{ kN}$



Beanspruchung der Leichtbauplatte im Vierpunkt-Biegeversuch

Foto: Sabine Wellner

standhalten. Da Letzteres die deutlich ungünstigere Beanspruchung ist, erfolgte der Nachweis der Platte im Biegeversuch auch noch unter Einzellast. Die Belastung von $1,5 \text{ kN}$ wurde ebenfalls stufenweise mit einem Hydraulikzylinder mit zwischenzeitlicher Entlastung auf die Platte aufgebracht. Auch diesen Lastfall überstand die Leichtbauplatte ohne nennenswerte bleibende Verformungen.

Die neue Leichtbauplatte wird nach erfolgreichem Nachweis der Traglast nun in Serie produziert.

Titel

Vierpunkt-Biegeversuch an Leichtbauplatten

Auftraggeber

VENTUM-S, Dresden

Zeitraum

06.2014

Leiter

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

Bearbeiter

Dr.-Ing. Torsten Hampel, Dipl.-Ing. (FH) Sabine Wellner

Vorhang auf? – Leider vorerst nicht

Die Berliner Künstlerin Beatrice Jugert hatte für die historischen Fahnenmasten am Neustädter Markt in Dresden ein Kunstprojekt geplant: es sollte ein Vorhang zwischen den dortigen Masten gespannt und eine Flagge in Form eines Kostüms an einem der Masten befestigt werden. Ihr Konzept: „Dadurch ergibt sich die Möglichkeit, den Neustädter Markt im Mittelpunkt von Dresden als Bühne zu interpretieren. Die Stadt wird zur Bühne, das politische Geschehen zur Inszenierung und wir zu Akteuren und Zuschauern.“

Die statische Machbarkeit sollte das Ingenieurbüro Engelbach + Partner Ingenieurgesellschaft aus Dresden prüfen. Der verantwortliche Statiker Herr Eckoldt stellte jedoch schnell fest, dass die Konstruktion aus Fahnenmast, Einspannung der Masten und Verankerung im Erdreich eine Vielzahl an unbekanntem Eingangsgrößen barg, die eine belastbare statische Berechnung unmöglich machten.

Um dennoch kurzfristig eine Aussage treffen zu können, wurde mit Unterstützung des OML eine Probelastung der Fahnenmasten beschlossen, um die relevanten Belastungen für die Installation



Probelastung an den Fahnenstangen am Goldenen Reiter in Dresden Foto: Doreen Sonntag

nachzubilden. Dazu wurden die Masten durch zwei Stahlseile verbunden. In der Verbindungsstelle der Seile wurde eine Winde angebracht, mit der eine Spitzenzugkraft in die Mastköpfe eingetragen wurde. Außerdem wurden noch statische Lastfälle mit unterschiedlichen Massen abgebildet, die in der Mitte zwischen beiden Masten in das Stahlseil eingehangen wurden.

Die jeweils auftretenden Verformungen wurden mit Seilzugaufnehmern zwischen beiden Masten erfasst. So erhielten wir belastbare Werte für die statische Berechnung, man hätte so aber auch auf kritische Belastungszustände reagieren können, um in jedem Fall ein Versagen der Masten auszuschließen. Allerdings wurden während der Probelastung größere, z. T. bleibende Verformungen registriert, die auf eine Verschiebung der Masten zueinander hinwiesen. Offenbar sind die Einspannungskonstruktionen innerhalb der Bronzesockel der Fahnenmasten nicht für derartige Belastungen ausgelegt. Eine anschließende detaillierte Inspektion durch den Statiker und die Firma Fuchs + Gierke bestätigte diese Indizien.

Nun werden die Halterungen in den Sockeln saniert. Anfang 2015 soll die Tragfähigkeit der Anker durch einen Belastungstest nachgewiesen werden, so dass es bei erfolgreichem Test im nächsten Jahr getreu dem Motto von Beatrice Jugert heißen kann: „Vorhang auf!“

Titel

Belastungsversuch an den Fahnenstangen am Goldenen Reiter

Auftraggeber

Landeshauptstadt Dresden, Dez. Finanzen und Liegenschaften, Regiebetrieb Zentrale Technische Dienstleistungen, Abt. Immobilienverwaltung, SG Kultureinrichtung, Bibliotheken und Denkmäler

Zeitraum

02.2014

Leiter

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

Bearbeiter

Dr.-Ing. Torsten Hampel, Dipl.-Ing. (FH) Sabine Wellner, Heiko Wachtel

Partner

Engelbach + Partner Ingenieurgesellschaft Dresden mbH | Beatrice Jugert, Berlin

Auf Biegen und Brechen

Am Ort der früheren Sophienkirche in Dresden wurde die ursprünglich um 1400 südlich angebaute Busmannkapelle als abstrakte Raumschale neu errichtet, um an den 1962/63 abgerissenen ältesten Kirchenbau der Stadt zu erinnern und geborgene Bildwerke und Werksteine der Nachwelt anschaulich zu bewahren. Der Entwurf der Gedenkstätte durch das Architekturbüro Gustavs und Lungwitz sieht darüber hinaus die Errichtung eines Glaskubus vor. Die Tragstruktur der Fassade des Glaskubus besteht aus 13 m hohen, vertikalen Schwertern aus Verbund-Sicherheitsglas (VSG). An diesen sind die Fassadenscheiben über Silikonklebungen befestigt. Da die Fertigung der Glasschwerter über die komplette Länge technologisch noch nicht möglich ist, werden sie aus drei je etwa 4,3 m langen Einzelschwertern zusammengesetzt. Für die Stoßverbindung in den Drittelpunkten sind Laschenstöße mit Stahlbolzen und Stahlblechen vorgesehen. Den statischen Nachweis dafür erbrachte das Büro glasfaktor Ingenieure GmbH (Dresden). Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens zum Bauvorhaben war es erforderlich, die rechnerischen Nachweise durch Bauteilversuche zu validieren.

Das Institut für Baukonstruktion der TU Dresden wurde in seiner Tätigkeit als Prüfstelle im Bereich des Konstruktiven Glasbaus durch den Bauherrn, die Bürgerstiftung Dresden, mit der Durchführung



Versuchsaufbau Biegeversuch an Laschenstößen für Glasschwerter
Foto: Jan Ebert, Institut für Baukonstruktion, TU Dresden

Titel

Busmannkapelle Dresden, Laschenstoß an Glasschwertern

Auftraggeber

Bürgerstiftung Dresden

Zeitraum

01.2014 – 03.2014

Leiter

Dr.-Ing. Jan Ebert, Institut für Baukonstruktion, TU Dresden

Partner

Bürgerstiftung Dresden | glasfaktor Ingenieure GmbH, Dresden

Versuchsdurchführung

Otto-Mohr-Laboratorium

der experimentellen Traglastversuche für den geplanten Laschenstoß beauftragt. Im Februar und März 2014 erfolgten dazu im Otto-Mohr-Laboratorium die entsprechenden Bauteilversuche.

Geprüft wurden insgesamt 4 m lange und 65 cm hohe Glasschwerter aus VSG aus 4×12 mm Einscheiben-Sicherheitsglas, die aus zwei je 2 m langen Einzelschwertern bestanden. In der Mitte erfolgte die Kopplung über einen Laschenstoß aus Stahlbolzen und -blechen. Die Glasschwerter wurden im Vier-Punkt-Biegeversuch geprüft. Dazu wurde über einen Prüfzylinder und eine

Lasttraverse die Belastung direkt neben dem Stoß in das Glasschwert eingeleitet, wodurch sich eine maximale, konstante Biegebeanspruchung des Laschenstoßes ergab. Die Prüfung erfolgte in Laststufen entsprechend der in der Fassade erwarteten Beanspruchung der Glasschwerter. Es wurde etwa das Dreifache des statisch erforderlichen Lastniveaus erreicht, ehe es zum schlagartigen Bruch der Glasschwerter kam. Für den untersuchten Laschenstoß konnte eine charakteristische Biegetragfähigkeit von 120 kNm nachgewiesen werden.

120



121

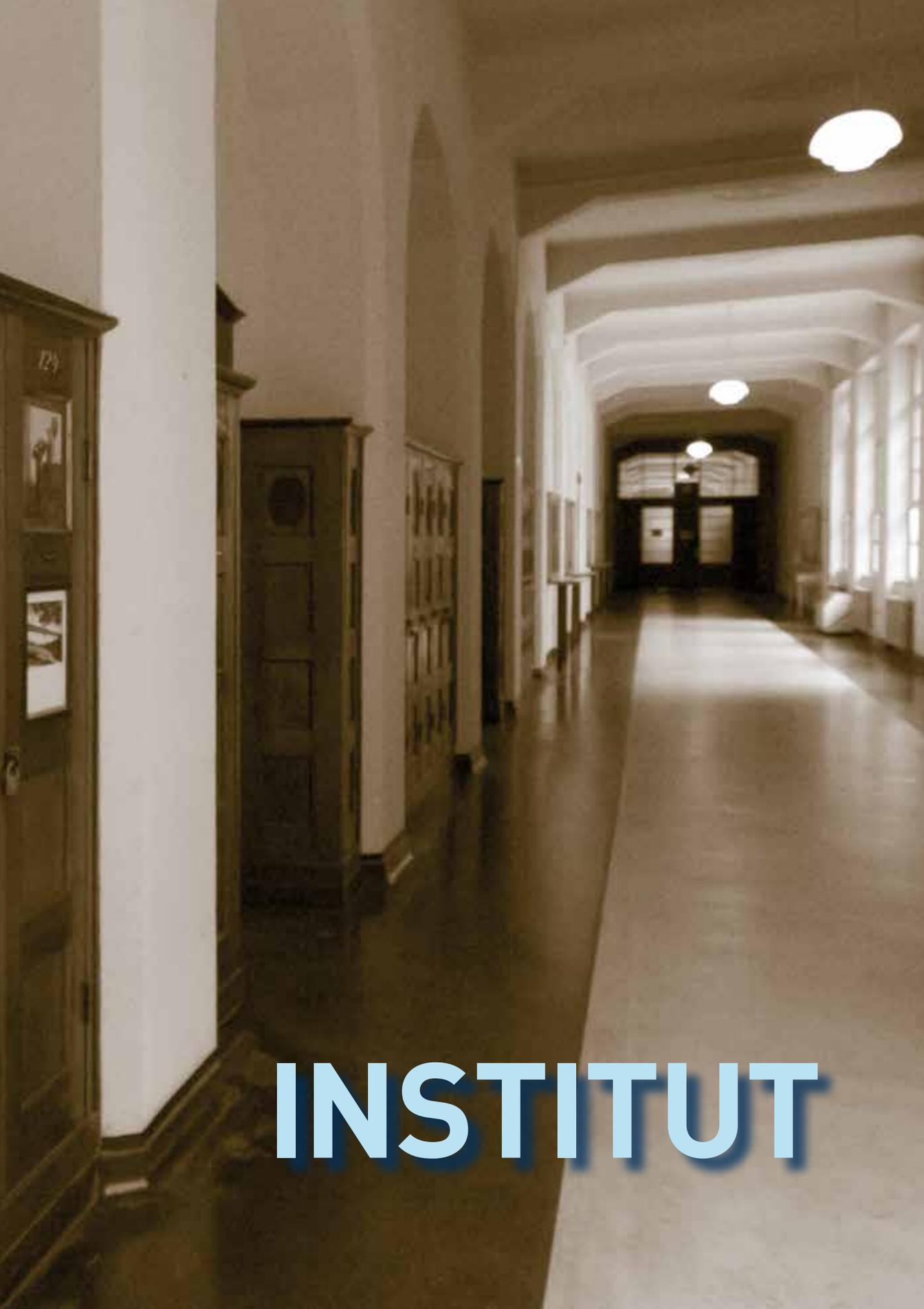


122



123





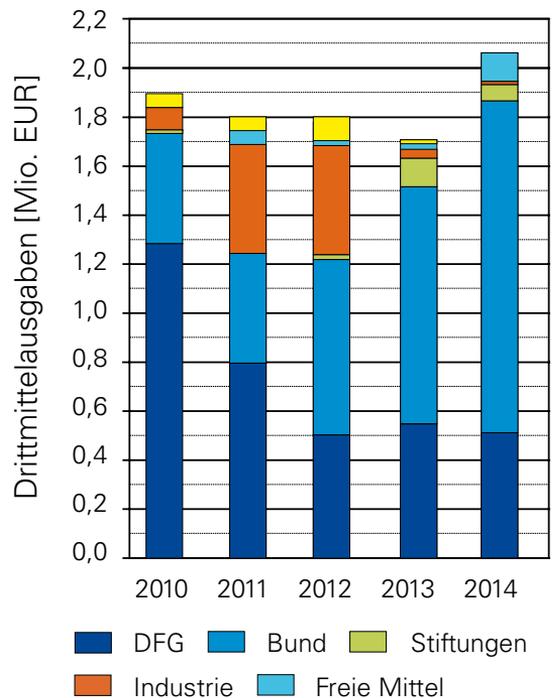
INSTITUT

DAS INSTITUT FÜR MASSIVBAU IN ZAHLEN UND FAKTEN

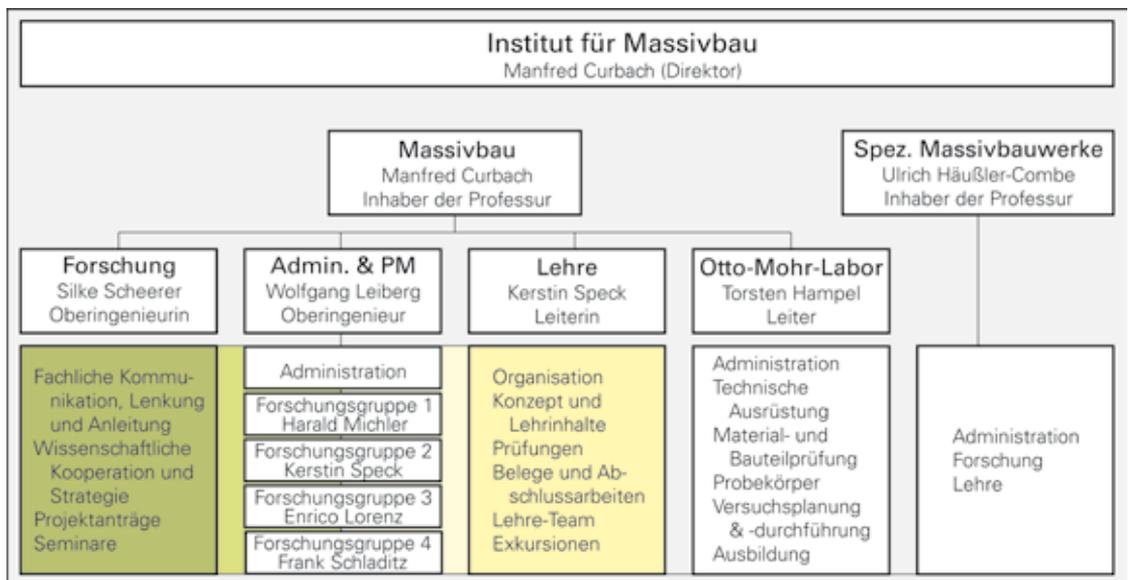
1 Organisationsstruktur

Die Organisationsstruktur des Instituts hat sich in den zurückliegenden Jahren bewährt und wurde auch 2014 beibehalten. Zur Bearbeitung des neuen Großprojektes *C³ – Carbon Concrete Composite*, welches im Rahmen des Programms Zwanzig20 des BMBF gefördert wird, wurde eine weitere Forschungsgruppe gebildet. Die Leitung dieser Gruppe übernahm Dr.-Ing. Frank Schladitz. Die Leitung der Forschungsgruppe *Verbund & Leicht Bauen* wurde Dr.-Ing. Harald Michler übertragen.

Monatliche Projektmeetings und vierteljährliche Projektreviews zur Führung der Projektarbeit am Institut sind mittlerweile etabliert und werden regelmäßig durchgeführt. In Beratungen der Forschungsgruppen, in Institutsversammlungen und in Protokollen zu den Beratungen der Institutsleitung wurde über alle wichtigen Themen informiert. Doktorandenkolloquien werden zur fachlichen Diskussion wissenschaftlicher Themen genutzt.



Entwicklung der Drittmittelausgaben in den Jahren 2010 – 2014
Grafik: Wolfgang Leiberg



Organigramm des Instituts für Massivbau (Stand: 31.12.2014) Grafik: Wolfgang Leiberg

2 Grundausrüstung und Drittmittel

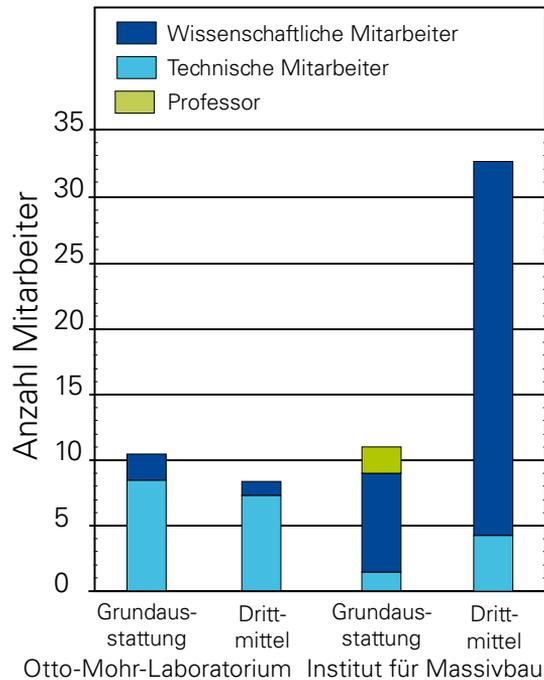
Die Grundausrüstung des Instituts für Massivbau bestand im Jahr 2014 aus 35.598 € Sachmitteln, einer Bürofläche von 716 m² und einer Laborfläche von 2.442 m². Aus Haushaltsmitteln wurden 9,5 Stellen für wissenschaftliche und zehn Stellen für technische Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter finanziert.

Der Drittmittelumsatz konnte im Jahr 2014 um mehr als 20 % gesteigert werden und erreichte damit den höchsten Wert seit Bestehen des Instituts. Die Bewilligung der Förderung einer zweiten Phase für mehrere Projekte sowie einer Reihe neuer Forschungsprojekte führte zu diesem Anstieg. Insbesondere auf dem Gebiet Carbonbeton ist mit einer weiteren deutlichen Zunahme des Drittmittelumsatzes zu rechnen.

Die Anzahl der Plan- und Drittmittelstellen erhöhte sich im vergangenen Jahr von 46 auf 62. Insbesondere zur Bearbeitung neuer Fragestellungen auf dem Gebiet Carbonbeton wurden mehrere neue Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter eingestellt. Zur Bewältigung der mit dem gewachsenen Umfang und der steigenden Anzahl der Projekte verbundenen Organisations- und Verwaltungsaufgaben stehen uns nun zwei weitere Verwaltungsangestellte zur Verfügung. Im Otto-Mohr-Laboratorium konnten ebenfalls zwei neue Mitarbeiter die Arbeit aufnehmen.

3 Leistungen in der Forschung

Das Jahr 2014 war von einer überaus dynamischen Entwicklung auf allen Forschungsgebieten des Instituts gekennzeichnet. Im Bereich der anwendungsorientierten Forschung konnten wir mit der Erteilung der ersten allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung für ein *Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit TUDALIT (textilbewehrter Beton)* an die TU Dresden Aktiengesellschaft TUDAG einen wichtigen Erfolg im Hinblick auf den Transfer der Ergebnisse jahrelanger erfolgreicher Grundlagenforschung zur Verwendung textiler Bewehrungen zur bautechnischen Verstärkung und Instandsetzung (SFB 528) verzeichnen. Dieser Erfolg ist ein Ergebnis intensiver und vertrauensvoller Zusammenarbeit vieler Wissenschaftler und



Planstellen und Drittmittelstellen im Jahr 2014 (Stand 31.12.2014)
Grafik: Wolfgang Leiberg

Institute mit den im TUDALIT e.V. vereinigten Unternehmen. Auch in den nächsten Jahren wollen wir konsequent den Transfer unserer Forschungsergebnisse weiter voranbringen. Es geht darum, die breite Anwendung von Textilbeton auch in weiteren Einsatzgebieten zu ermöglichen.

Von herausragender Bedeutung hierfür sind alle Arbeiten im Großprojekt *C³ – Carbon Concrete Composite*. Die im Rahmen dieses Projektes zur Verfügung stehenden Ressourcen verleihen dem Ergebnistransfer eine Dynamik, die dazu führen wird, dass im Jahre 2025 eine sich selbst tragende und expandierende Wertschöpfungskette zur Herstellung und zum Einsatz von Textilbeton in vielen Bereichen des Bauwesens existieren wird. Das Anfang 2014 am Institut für Massivbau gestartete Strategieprojekt innerhalb des Großvorhabens definiert den Weg und die erforderlichen Arbeitsschritte zur Erreichung dieses Ziels. Außerdem wurde unser erstes Basisprojekt innerhalb von *C³* bewilligt. Weitere Teilprojekte befinden sich in der Antrags- und Bewilligungsphase.

Ausgerüstet mit dem Wissen um neue Baustoffe, Technologien und Wirkprinzipien sehen wir uns in

der Verantwortung, dieses Wissen für ein neues Bauen im Sinne von Nachhaltigkeit, Energieeffizienz, Sicherheit und Formenvielfalt einzusetzen. Ein Beispiel dafür ist 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. Die Forschung in der ersten Förderphase konnte überzeugen, weshalb die DFG der Weiterführung der Forschungsarbeiten in einer zweiten dreijährigen Förderperiode ab Herbst 2014 zugestimmt hat.

Auch der Forschungsschwerpunkt *Verhalten von Beton unter dynamischer Beanspruchung* entwickelte sich weiter. Nachdem wir bereits in der Vergangenheit mit der Inbetriebnahme des weltweit ersten zweiaxialen Split-Hopkinson-Bars und der ersten Ausbaustufe einer Fallturmanlage gute gerätetechnische Voraussetzungen für grundlegende Untersuchungen auf diesem Gebiet gelegt hatten, erfolgte 2014, neben den wissenschaftlichen Experimenten, eine weitere Optimierung der Anlagen. Wir betrachten es auch als Anerkennung der bisher erzielten Ergebnisse, dass wir 2014 für drei weitere Projekte auf diesem Forschungsgebiet eine positive Förderzusage von der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) gGmbH erhalten konnten. Wir sehen damit unsere Kompetenz und unser Potenzial zur Untersuchung des Einflusses dynamischer Beanspruchungen auf Baustoffe und Bauteile deutlich gestärkt. Darüber hinaus verbindet uns in diesem Forschungsschwerpunkt seit Jahren eine enge Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer Ernst-Mach-Institut für Kurzzeitdynamik (EMI) in Freiburg.

Hier die **Forschungsprojekte 2014:**

Versuche zur allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung für ein Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit TUDALIT® (Textilbewehrter Beton)

Förderer: TUDAG
 Laufzeit: 01.09.2010 – 30.06.2014

Wissenschaftlich-Technische Betreuung (WTB) beim Projekt zur Anwendung der Nachrechnungsrichtlinie auf den Brückenbestand Mecklenburg-Vorpommerns

Auftraggeber: Landesamt für Straßenbau und Verkehr Mecklenburg-Vorpommern
 Laufzeit: 01.06.2011 – 31.12.2014

Entwicklung hochtemperaturbeständiger gitterartiger Basalttextilien zur Verstärkung mineralischer Matrices (Basaltbewehrungen)

Förderer: BMWi
 Projektträger: AiF
 Laufzeit: 01.07.2011 – 31.03.2014

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

Modellierung des Verbundverhaltens von Beton- und Spannstahl unter Querzug

Förderer: BMWi
 Projektträger: GRS
 Laufzeit: 01.07.2011 – 30.06.2015

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 – 28.02.2015

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

Kohlenstofffaser-Heizstrukturen in Textilbeton – Gebäudeenergiekonzepte und Integration in die Feinbetonmatrix | smarttex

Förderer: BMWi | Projektträger: AiF
 Laufzeit: 01.06.2012 – 31.05.2015

Bauteilverhalten unter stoßartiger Beanspruchung durch aufprallende Flüssigkeitsbehälter (Flugzeugtanks)

Förderer: BMWi
 Projektträger: GRS

Laufzeit: 01.07.2012 – 31.12.2014 – Phase 1A
01.08.2014 – 31.07.2016 – Phase 1B

Entwicklung einer Bemessungssoftware für Bauteilverstärkungen aus Textilbeton

Förderer: BMWi | Projektträger: AiF
Laufzeit: 01.07.2012 – 31.12.2014

Konstruktion eines Prototyps des Kletterroboters CLIBOT zur Bauwerksinspektion

Förderer: BMWi | Projektträger: AiF
Laufzeit: 01.09.2012 – 30.11.2014

Entwicklung und Erprobung eines Abstandhaltersystems für textile Bewehrungen im Beton

Förderer: BMWi | Projektträger: AiF
Laufzeit: 01.10.2012 – 31.03.2014

Raumabschließende Bauelemente aus Textilbeton unter Temperaturbeanspruchungen

Förderer: BMWi
Projektträger: AiF
Laufzeit: 01.10.2012 – 30.08.2015

Robotische Erkundung unter Extrembedingungen

Förderer: Helmholtz-Gemeinschaft
Laufzeit: 01.10.2012 – 30.09.2017

Material- und Verfahrensentwicklung für nachhaltige Instandhaltungs-, Instandsetzungs- und Sanierungsmaßnahmen von Abwasserbauwerken unter Verwendung von textilbewehrten Betonen

Förderer: BMWi
Projektträger: AiF
Laufzeit: 01.04.2013 – 31.03.2015

Impakt auf Betonstrukturen – Experiment und Simulation

Förderer: DFG
Laufzeit: 01.07.2013 – 30.06.2016

Kompakthöchstspannungsmasten und -Traversen (KoHöMaT)

Förderer: BMWi
Projektträger: Forschungszentrum Jülich GmbH
Laufzeit: 01.10.2013 – 30.09.2015

Simulation des Betonbruchverhaltens mit diskreten Elementen

Förderer: DFG (Zukunftskonzept TU Dresden)
Laufzeit: 01.10.2013 – 30.09.2016

Carbon Concrete Composite C³; Strategievorhaben S1: Entwicklung einer Innovationsstrategie in komplexen Wertschöpfungsketten am Beispiel Carbon Concrete Composite C³

Förderer: BMBF
Projektträger: Forschungszentrum Jülich GmbH
Laufzeit: 01.01.2014 – 30.06.2015

Bemessungs- und Konstruktionsempfehlungen für statisch wirksame Einbauteile in Textilbetonfertigteilen

Förderer: BMWi
Projektträger: AiF
Laufzeit: 01.05.2014 – 31.10.2015

Wachstums kern Autartec – Verbundprojekt 1: Funktionsintegrierte Bauelemente aus Textilbeton; TP 1.6: „Experimentelle Untersuchungen zur Prüfung und Entwicklung von Materialien im Bereich des Textilbetons sowie funktionspezifische Bauteilprüfungen an Textilbetonelementen“

Förderer: BMBF
Projektträger: Forschungszentrum Jülich GmbH
Laufzeit: 01.09.2014 – 31.08.2017

Produkt- und Verfahrensentwicklung von leichten tragenden Deckenelementen aus textilbewehrtem Beton für das Bauen im Bestand

Förderer: BMWi
Projektträger: AiF
Laufzeit: 01.09.2014 – 31.08.2016

Verbund zwischen Beton und Bewehrungsstahl bei hohen Belastungsgeschwindigkeiten

Förderer: BMWi
Projektträger: GRS
Laufzeit: 01.10.2014 – 30.09.2017

Zweiaxiale 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

4 Wichtige Publikationen

Beckmann, B.; Schick Tanz, K.; Curbach, M.: DEM Simulation of Concrete Fracture Phenomena. Technische Mechanik 34 (2014) 3–4, S. 119–127

Curbach, M.; Schladitz, F.; Kahnt, A.: Revolution im Bauwesen – Carbon Concrete Composite. In: Bundesingenieurkammer (Hrsg.): Ingenieurbaukunst 2015, Berlin: Ernst & Sohn, 2014, S. 172–177

Häußler-Combe, U.: Computational Methods for Reinforced Concrete Structures. Berlin: Ernst & Sohn / Wiley, 2014

Ritter, R.; Curbach, M.: Zugkrafteinleitung in Beton bei mehraxialen Belastungsversuchen. Beton- und Stahlbetonbau 109 (2014) 11, S. 793–802

Scheerer, S.; Curbach, M. (Hrsg.): Leicht Bauen mit Beton – Forschung im Schwerpunktprogramm 1542, Förderphase 1, Dresden: Eigenverlag Institut für Massivbau der TU Dresden, 2014, 262 S.

Wilhelm, S.; Curbach, M.: Review of possible mineral materials and production techniques for a building material on the moon. Structural Concrete (2014) 15, S. 419–428

5 Wichtige Konferenzbeiträge

Curbach, M.: Carbonbeton – eine friedliche Revolution am Bau. Vortrag zum Parlamentarischen Abend „Made in Germany“ – Baurevolution mit Fasern, Berlin, 2.4.2014

Curbach, M.: Textilbeton und Carbonbeton – Das Projekt „Zwanzig20“ und Vision für 2050. Vortrag auf dem Visionsforum Bauen mit Carbon, TU Berlin, 26.2.2014

Curbach, M.; Quast, M.: Concrete under biaxial impact loading. In: Hiermaier, S. (Hrsg.): Hopkinson Centenary Conference, 9.–11.9.2014 in Cambridge (UK), Freiburg: Fraunhofer Institute for High-Speed Dynamics, Ernst-Mach-Institut, EMI, 2014, S. 117–139 – ISBN 978-3-00-046739-4

Häußler-Combe, U.: A novel strain-rate model for concrete and its influence on wave. In: Bicanic, N.; Meschke, G.; Mang H.; de Borst, R. (Hrsg.): Proceedings of EURO-C 2014, 24.–27.3.2014 in St. Anton am Arlberg (Austria), CRC Press, 2014, S. 97–108

Wilhelm, S.; Curbach, M.: Manufacturing of Lunar Concrete by steam. Vortrag auf der Earth and Space Conference 2014: Engineering, Science, Construction and Operations in Challenging Environments, St. Louis/USA, 27.–29.10.2014



Zur Tagung des Schwerpunktprogramms SPP 1542 in Dresden erschien „Leicht Bauen mit Beton – Forschung im Schwerpunktprogramm 1542, Förderphase 1“

Foto: Ulrich van Stipriaan

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 Vorlesungen und Übungen für Studenten des Diplom-Studien- bzw. Aufbaustudienganges Bauingenieurwesen (BIW) werden vom Institut für Massivbau auch Lehrveranstaltungen im englischsprachigen Masterstudiengang „Advanced Computational and Civil Engineering Structural Studies“ (ACCESS) und 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, Schacht	2	BIW
Massivbrückenbau	V	7.	Curbach, Just	2	BIW
Schräggabelbrücken	V	7.	Svensson	1	BIW
Nachhaltige Tragwerksplanung	V	7.	Speck	1	BIW, EW
Projektarbeit	B	9.	Curbach, Häußler-Combe, Finzel, Frenzel, Just, Schacht, Scheerer, A. Schmidt, Speck, Weselek	780 h	BIW
Project Work	B	4.	Frenzel, Just, Quast, N. Schmidt, Schütze, Wilhelm, Zobel	720 h	ACCESS

Lehrveranstaltungen im Wintersemester 2013/2014

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, Michler, Frenzel, Quast, Speck	1/3	BIW
Verstärken von Massivbauwerken	Ü	8.	Zobel	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.	Ortlepp, Michler	2/1	ACCESS
Computational Methods for Reinforced Concrete Structures	V/Ü	2	Häußler-Combe	2/1	ACCESS

Lehrveranstaltungen im Sommersemester 2014

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, Sauerborn	1	BIW
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

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.

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Bachelorarbeiten								1
Diplomarbeiten	1	2	6	3	8	13	11	22
Masterarbeiten	1	1	4	1	1	3	7	12

Abschlussarbeiten am Institut für Massivbau in den Jahren 2007 – 2014

7 Wissenschaftlicher Nachwuchs

Im zurückliegenden Jahr 2014 verteidigten vier Nachwuchswissenschaftler an unserem Institut erfolgreich ihre Doktorarbeiten – in chronologischer Reihenfolge: Gregor Schacht, Tobias Wilhelm (als Externer), Enrico Lorenz und Viet Anh Nguyen.

Promotionen am Institut 2014

Gregor Schacht

Experimentelle Bewertung der Schubtragsicherheit von Stahlbetonbauteilen

Tobias Wilhelm

Wasserstoffinduzierte Spannungsrisskorrosion – Ein Beitrag zur Beurteilung der Zuverlässigkeit von Spannbetonbrücken mit Hennigsdorfer Spannstahl

Enrico Lorenz

Endverankerung und Übergreifung textiler Bewehrungen in Betonmatrices

Viet Anh Nguyen

A study on textile reinforced and expanded polystyrene concrete sandwich beams

Anzahl der Promotionen als Erstgutachter 2008 – 2014

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Promotionen	2	4	1	5	1	3	4

Anzahl der Promotionen als Zweit- oder Drittgutachter 2008 – 2014

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Promotionen	2	5	1	1	1	1	1

Habilitationen als Gutachter

Jürgen Suda

Schutzkonstruktionen und Naturgefahren

Regine Ortlepp

Aspekte der Sanierung und Verstärkung von Betonbauteilen

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 Schrif-

tenreihe *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 (Fédération internationale du béton)*, ist Convenor der *fib TaskGroup 1.6 History of Concrete Structures* und arbeitet im Landesfachausschuss der CDU Wirtschaftspolitik, Wissenschaft und Innovation

sowie im Materialforschungsverbund Dresden e.V. mit.

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 Forschungsbeirats 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.

Der Inhaber des Lehrstuhls für Spezielle Massivbauwerke, Prof. Dr.-Ing. habil. **Ulrich Häußler-Combe**, ist ECTS-Beauftragter (European Credit Transfer System) 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 und im Verein der Straßenbau- und Verkehrsingenieure. Als ausgewiesener Fachmann veröffentlichte er 2014 bei Ernst & Sohn das Fachbuch *Numerical Methods for Reinforced Concrete Structures*. Prof. Dr.-Ing. Ulrich Häußler-Combe arbeitet eng mit Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Mark, Ruhr-Universität Bochum, Prof. Dr.-Ing. Kai-Uwe Bletzinger, TU München, und Prof. Dr.-Ing. Oliver Fischer, TU München, zusammen.

9 Tagungen und Kongresse

Deutscher Brückenbaupreis 2014 und 24. Dresdner Brückenbausymposium am 10./11.3.2014

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: 1542

4. Jahrestreffen des DFG-Schwerpunktprogramms 1542 Leicht Bauen mit Beton vom 29.9. bis 1.10.2014

Veranstalter: TU Dresden, Institut für Massivbau, TUDIAS GmbH | Teilnehmer: 67

1st meeting of the fib TaskGroup History of concrete structures am 19. und 20.06.2014

Veranstalter: TU Dresden, Institut für Massivbau, TUDIAS GmbH | Teilnehmer: 10

10 Anerkennungen

Im Jahr 2014 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

Angela Schmidt
Diplomarbeit: Form Follows Force – Optimierung der Geometrie von Stützen
Verleihende Einrichtung: HOCHTIEF Solutions AG

Gottfried-Brendel-Preis, 1. Preis

Robert Schneider
Projektarbeit: Optimierung der Geometrie komplexer Falwerke
Verleihende Einrichtung: BilfingerBerger SE

Zukunftspreis

des Industrievereins Sachsen 1828 e.V.

Frank Schladitz
Carbon Concrete Composite (C³)
Verleihende Einrichtung: Industrieverein Sachsen 1828 e.V.

Wolfgang-Zerna-Ehrenmedaille

Manfred Curbach
Für Besondere wissenschaftliche Leistungen auf dem Gebiet der Bautechnik
Verleihende Einrichtung: VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik

GreenTecAward,

Kategorie Bauen und Wohnen

TU Dresden, Institut für Massivbau
C³ – Carbon Concrete Composite
Verleihende Einrichtung: GreenTec Awards

Gustav-Zeuner-Preis

Alexander Fuchs
Diplomarbeit: Untersuchung des Schwingverhaltens einer Spannbeton-Eisenbahnbrücke unter Einwirkung eines Hochgeschwindigkeitszuges
Verleihende Einrichtung: VDI Dresden

PROMOTIONEN



Gregor Schacht

Experimentelle Bewertung der Schubtragsicherheit von Stahlbetonbauteilen

Um die Anwendung der Methode der experimentellen Tragsicherheitsbewertung auch für Bauteile zu ermöglichen, die eine Gefährdung eines gering duktilen Versagens, wie des Biegeschubversagens, aufweisen, wurden diese Versagensform und ihre messtechnisch erfassbare Vorankündigung ausführlich analysiert. Bisher waren solche sprödebruch-gefährdeten Bauteile von einer experimentellen Untersuchung ausgeschlossen, weil keine geeigneten Kriterien zur sicheren Bestimmung der Versuchsgrenzlast existierten. Diese Wissenslücke wurde in dieser Arbeit geschlossen und Indikatoren bzw. Kriterien entwickelt, die eine sichere Bestimmung der maximal zulässigen Beanspruchung während eines Belastungsversuches an einem schubbeanspruchten und sprödebruchgefährdeten Bauteil ermöglichen.

In der Arbeit wurde ein zweigeteilter Ansatz verfolgt, bei dem zunächst durch theoretische Überlegungen die Gefahr eines spröden Schubversagens beurteilt werden kann. Dazu wurden die geschichtliche Entwicklung der Schubbemessung analysiert und eine Bewertung sowie ein Vergleich der verschiedenen Bemessungsregeln durchgeführt. Damit und aus der Analyse der maßgeblichen Einflussfaktoren auf das Schubtragverhalten von Stahlbetonbauteilen, konnten Randbedingungen formuliert werden, für die ein Schubversagen bereits im Vorfeld einer experimentellen Untersuchung ausgeschlossen werden kann.

Ist es trotzdem notwendig, die Schubtragsicherheit eines Stahlbetonbauteiles experimentell nachzuweisen, können die in dieser Arbeit formulierten Kriterien zur Beurteilung des Tragzustandes verwendet werden. Um die theoretisch entwickelten Indikatoren zu praxistauglichen Kriterien hocharbeiten zu können, wurden experimentelle Untersuchungen an Stahlbetonbalken ohne und mit geringer Schubbewehrung durchge-

führt. Dabei zeigte sich, dass für die Beurteilung des Schubtragverhaltens vor allem die schräge Rissentstehung und -entwicklung maßgeblich sind. Um den kritischen Rissbildungszustand beurteilen zu können, wurde zwischen lokaler und globaler Schubschädigung unterschieden. Für die messtechnische Wahrnehmung bzw. Erfassung der schrägen Rissentwicklung wurden herkömmliche Verformungsmesstechniken wie Induktive Wegaufnehmer und Dehnungsmessungstreifen mit der Nahbereichsphotogrammetrie und der Schallemissionsanalyse kombiniert eingesetzt.

In den Versuchen konnte der Übergang vom spröden Versagen infolge Querkraft hin zu duktilem Biegeversagen durch die Veränderung der Schubschlankheit und des Bügelbewehrungsgrades gezeigt werden. Bereits geringe Bügelbewehrungsmengen führten zu einem wesentlich duktileren Verformungsverhalten und einem Versagen, das eine deutliche Vorankündigung zeigt. Aus den durchgeführten theoretischen Überlegungen und experimentellen Untersuchungen wurden Empfehlungen für die Vorgehensweise bei experimentellen Tragsicherheitsbewertungen schubgefährdeter Konstruktionen abgeleitet.

Tobias Wilhelm

Wasserstoffinduzierte Spannungsrisskorrosion – Ein Beitrag zur Beurteilung der Zuverlässigkeit von Spannbetonbrücken mit Hennigsdorfer Spannstahl

Bei dem Prozess einer wasserstoffinduzierten Spannungsrisskorrosion (H-SpRK) handelt es sich um einen zeitabhängigen Vorgang, der zu einer Reduzierung der Duktilität und Widerstandskraft des Spannstahls führt und daraus resultierend ein sprödes und schlagartiges Versagen eines Spannbetonbauwerkes zur Folge haben kann. Der Prozess selbst und insbesondere auch die ihn beeinflussenden Parameter sind für die im Bauwesen verwendeten hochfesten Spannstähle älterer Produktion weitestgehend unerforscht. Die Relevanz für bestehende Bauwerke ist jedoch nicht zuletzt durch einzelne dokumentierte und untersuchte Schadensfälle nachgewiesen.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die zur Verfügung stehenden Bauwerksuntersuchungen aus den zurückliegenden ca. 10 Jahren statistisch zu analysieren und auszuwerten. Auf dieser Basis war ein Berechnungsmodell auf wahrscheinlichkeitstheoretischer Basis zu entwickeln, mit dem die Gefahr eines spröden Bauwerksversagens für das Gesamttragwerk beurteilt und hinsichtlich der Auswirkungen auf das einzuhaltende Sicherheitsniveau bewertet werden kann.

Es wurden insgesamt 31 Bauwerksuntersuchungen statistisch ausgewertet und beurteilt. Die zur Verfügung stehenden Daten wurden analysiert und hinsichtlich der Prüfqualität sowie der Quantität der Proben bewertet. Dabei war festzustellen, dass aufgrund fehlender konkreter Vorgaben im Regelwerk eine sehr heterogene Datenbasis vorliegt. Nicht alle Untersuchungsergebnisse konnten in die weitere Auswertung einbezogen werden. Die bzgl. ausreichender Datenqualität und Datenumfang geeigneten Untersuchungen wurden hinsichtlich ihrer Relevanz für den Prozess einer H-SpRK analysiert und die Auswirkungen einzelner Parameter bewertet.

Im Ergebnis der materialtechnischen Untersuchungen und statistischen Auswertung der Bauwerksuntersuchungen wurde ein Berechnungsmodell vorgestellt, das den gleichzeitigen Ausfall

von Spannstahl in allen Bereichen des Bauwerkes berücksichtigt. Zusätzlich zum Standardverfahren des beschriebenen Vorgehens wird das Modell um den Ansatz eines korrelierten Spannstahlausfalls erweitert. Außerdem wird für Bauwerke mit einem statisch unbestimmten Anteil der Vorspannung sowie für Konstruktionen mit gestaffelter Spannstahlbewehrung die Anwendung des Verfahrens konkretisiert.

Neben der Erstellung des Berechnungsmodells wurden Vorschläge zu Vorgaben für die Bauwerksprüfung vorgestellt. Dazu zählen insbesondere die Festlegung von Prüfintervallen sowie einheitliche Vorgaben zu den verwendeten Prüfmethoden und -verfahren. Bezüglich der Festlegung von Mindestumfängen von Proben wird zwischen bestehenden und auch weiter zu nutzenden Bauwerken einerseits sowie Probenahmen im Rahmen von Rückbaumaßnahmen unterschieden.

Enrico Lorenz

Endverankerung und Übergreifung textiler Bewehrungen in Betonmatrices

Die sichere Einleitung und Übertragung der wirkenden Kräfte ist Bedingung für die Funktionsfähigkeit und die vollständige Ausnutzung der Tragfähigkeit von Textilbetonbauteilen und -verstärkungsschichten. So kann es bei ungünstiger Konfiguration und Anordnung der Einzelkomponenten des Verbundbaustoffes zur Ausbildung einer Vielzahl verschiedener Verbundversagensformen kommen. Diese umfassen neben der Bildung von verbundschädigenden Delaminations- und Spaltrissen lokale Abplatzungen der Betondeckung oder einen vorzeitigen Auszug der Garne aus dem Beton. Besonders beansprucht sind in diesem Zusammenhang die bei einer Anwendung von Textilbeton erforderlichen Endverankerungs- und Stoßbereiche der textilen Bewehrungen.

Zur sicheren Ausbildung und Bemessung dieser wichtigen Detailpunkte liegen jedoch momentan noch keine umfassenden und zusammenhängenden Untersuchungen vor. Hauptziel der vorliegenden Dissertation war daher eine systematische Erforschung und Beschreibung des Tragverhaltens von Textilbeton in Endverankerungs- und Übergreifungsbereichen.

Eine funktionierende und schädigungsfreie Verbundkraftübertragung bildet die Grundlage für die sichere Lasteinleitung und -übertragung. Daher wurden im ersten Teil der Arbeit ausführliche Untersuchungen zur Charakterisierung der zwischen Bewehrungstextil und Feinbetonmatrix wirkenden Kräfte und Mechanismen durchgeführt. Nach der Entwicklung eines geeigneten Versuchsaufbaus erfolgten umfangreiche Parametervariationen zur experimentellen Überprüfung des textilspezifischen Verbundverhaltens. Den Schwerpunkt der Untersuchungen bildete die Identifikation und Bewertung der aus verschiedenen Verarbeitungsparametern der textilen Bewehrungen resultierenden Verbundeinflüsse. Die Versuchsergebnisse ermöglichen die Bestimmung der zugehörigen Verbundspannungs-Schlupf-Beziehungen (VSB) mithilfe eines erarbeiteten Modellierungsverfahrens. Die so ermittelten Verbundkennwerte bilden die Grundlage für die weiteren rechnerischen Untersuchungen.

Im zweiten Teil der Arbeit erfolgten Forschungen zum Tragverhalten von Endverankerungsbereichen. Hierbei stand der im Regelfall bemessungsrelevante Grenzzustand eines vorzeitigen Auszuges der Textilien aus der Betonmatrix im Mittelpunkt. Die Arbeiten umfassten experimentelle und theoretische Untersuchungen zur Beschreibung der Kraftübertragung. Aufbauend auf die ermittelten Verbundkennwerte wird ein unabhängiger analytischer Auswertalgorithmus zur Beschreibung des Verbundtragverhaltens in Endverankerungsbereichen dargestellt. Dieser ermöglicht eine detaillierte rechnerische Bestimmung der erforderlichen Endverankerungslängen von Textilbeton in Abhängigkeit konkreter bzw. untersuchter Bewehrungstextilien.

Den dritten Forschungsschwerpunkt bildeten Untersuchungen zum Tragverhalten von Übergreifungsstößen in Textilbetonbauteilen. Mithilfe von umfassenden experimentellen und theoretischen Analysen an unterschiedlich konfigurierten und bewehrten Textilbetonen konnten die maßgebenden Versagensmechanismen untersucht und grundlegende Vorgaben für die Bemessung und Ausführung der Übergreifungsbereiche abgeleitet werden. Die gewonnenen Erkenntnisse wurden anhand von großformatigen Bauteilversuchen mit entsprechend konstruierten Übergreifungsstößen bestätigt.

Zum Abschluss wird ein vereinfachtes Ingenieurmodell vorgestellt. Dieses erlaubt eine allgemeingültige und hinreichend genaue Bemessung der untersuchten Detailpunkte unter Beachtung der maßgebenden Grenzzustände.

Viet Anh Nguyen

A study on textile reinforced and expanded polystyrene concrete sandwich beams

In dieser Arbeit wurde eine neuartige Sandwichkonstruktion untersucht, für die Textilbeton, ein Werkstoff mit geringer Dicke und gleichzeitig hoher Zug- und Druckfestigkeit, mit leichten Kernmaterialien kombiniert wurde. Aufgrund der geringen Festigkeit der Kernmaterialien werden in vielen Sandwichkonstruktionen zusätzliche Schubverbinder benötigt, um eine ausreichende Tragfähigkeit zu erreichen. Dies führte zu der Idee, Styroporbeton (Expanded Polystyrene Concrete, EPC) als festeres Kernmaterial zu verwenden, das keine zusätzlichen Verbindungsmittel benötigt. Damit entsteht eine neuartige Sandwichkonstruktion. Diese Idee wurde in dieser Arbeit durch theoretische und experimentelle Untersuchungen an Textilbeton-EPC-Sandwichbalken umgesetzt.

Zunächst wurden Materialuntersuchungen an EPC durchgeführt, um nachzuweisen, dass es möglich ist, EPC mit einer Dichte von rund 950 kg/m^3 mit recyceltem EPS herzustellen. Für die anschließenden Untersuchungen an 18 Sandwichbalken wurde dann ein EPC mit einer Dichte von 920 kg/m^3 und einer Druckfestigkeit von $5,2 \text{ N/mm}^2$ ausgewählt. In 6 Serien von Sandwichbalken wurden 4-Punkt-Biegeversuche mit Schubslankheiten von 1,5 bis 5,2 durchgeführt. Die Bruchmomente aller Balken waren geringer als die rechnerische Momententragfähigkeit des Querschnitts und die Tragfähigkeit war stark von der Schubslankheit abhängig.

Es wurden Berechnungen zur Schubtragfähigkeit nach den verschiedenen internationalen Normen durchgeführt. Aufgrund ihrer allgemeingültigen Form ergaben ACI 318-05 und EC2 sehr konservative Ergebnisse für Schubslankheiten kleiner als 5,2. Die Formulierung des CEB-FIB Model Code 1990 war besser geeignet, die Abhängigkeit der Schubtragfähigkeit von der Schubslankheit abzubilden. Für die Balken mit Schubslankheiten $a/d = 1,5$ bis 2,1 brachten Stabwerkmodelle ausreichend gute Ergebnisse. In Fällen mit $a/d > 2,1$ ergab das Modell von Zink die besten Übereinstimmungen. Um die Abhängigkeit der Schubtragfähigkeit von der Schubslankheit besser erfassen zu können, wurde

eine neue Berechnungsgleichung für Textilbeton-EPC-Balken vorgeschlagen.

Um das Last-Verformungsverhalten der experimentellen Untersuchungen beschreiben zu können, wurden FEM-Modelle mit der Software ATENA entwickelt. Es wurden verschiedene Modelle untersucht, die den Verbund zwischen dem textilen Gelege und dem Feinbeton unterschiedlich stark berücksichtigten. Die Tragfähigkeit der untersuchten Balken wurde mit den FEM-Modellen um ca. 26 % bis 28 % unterschätzt. Die Abweichungen in den berechneten Durchbiegungen betragen für die Balken mit $a/d > 2,5$ ca. 22 % bis 23 %.

Abschließend wurde ein Ingenieurmodell auf Grundlage der Sandwichtheorie entwickelt, mit dem das Last-Verformungsverhalten dieser Sandwichkonstruktion gut beschrieben werden kann. Mit dem Modell ergaben sich Abweichungen von -24 % bis +12 % zwischen experimentellen und theoretisch ermittelten Verformungen. Die Tragfähigkeit wurde mit einer Abweichung von 15 % bis 34 % unterschätzt.



PUBLIKATIONEN 2014

Monografien und ausgewählte Forschungsberichte

Beckmann, B.: Diskrete-Elemente-Simulation von Bruchphänomenen im Beton. Dissertation, Institut für Massivbau der TU Dresden, 2014, veröffentlicht in: Curbach, M. et al. (Hrsg.): Schriftenreihe Konstruktiver Ingenieurbau Dresden kid, Heft 34, Institut für Massivbau der TU Dresden, Eigenverlag, 2014, 104 S. – ISSN 1613-6934

Curbach, M.: (Hrsg.): Tagungsband zum 24. Dresdner Brückenbausymposium · Planung, Bauausführung, Instandsetzung und Ertüchtigung von Brücken. 11./12.3.2014 in Dresden, Dresden: Institut für Massivbau der TU Dresden, Eigenverlag, 2014, 318 S. – ISBN 987-3-86780-369-4

Curbach, M.; Häußler-Combe, U. (Hrsg.): Jahresbericht 2013 des Instituts für Massivbau der TU Dresden. Dresden: Institut für Massivbau der TU Dresden, Eigenverlag, 2014, 126 S.

Häußler-Combe, U.: Computational Methods for Reinforced Concrete Structures. Berlin: Ernst & Sohn / Wiley, 2014

Ritter, L.: Der Einfluss von Querzug auf den Verbund zwischen Beton und Betonstahl. Dissertation, Institut für Massivbau der TU Dresden, 2014, veröffentlicht 2014 unter: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-132733> und in: Curbach, M. et al. (Hrsg.): Schriftenreihe Konstruktiver Ingenieurbau Dresden kid, Heft 33, Institut für Massivbau der TU Dresden, Eigenverlag, 2014, 242 S. – ISSN 1613-6934

Ritter, R.: Verformungsverhalten und Grenzflächen von Ultrahochleistungsbeton unter mehraxialer

Beanspruchung. Dissertation, Institut für Massivbau der TU Dresden, 2014, veröffentlicht 2014 unter: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-132747> und in: Curbach, M. et al. (Hrsg.): Schriftenreihe Konstruktiver Ingenieurbau Dresden kid, Heft 35, Institut für Massivbau der TU Dresden, Eigenverlag, 2014, 282 S. – ISSN 1613-6934

Schacht, G.: Experimentelle Bewertung der Schubtragsicherheit von Stahlbetonbauteilen. Dissertation, Institut für Massivbau der TU Dresden, 2014, veröffentlicht 2014 unter: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-153446> und in: Curbach, M. et al. (Hrsg.): Schriftenreihe Konstruktiver Ingenieurbau Dresden kid, Heft 36, Institut für Massivbau der TU Dresden, Eigenverlag, 2014, 276 S. – ISSN 1613-6934

Scheerer, S.; Curbach, M. (Hrsg.): Leicht Bauen mit Beton – Forschung im Schwerpunktprogramm 1542, Förderphase 1, Dresden: Eigenverlag Institut für Massivbau der TU Dresden, 2014, 262 S.

Ausgewählte Forschungsberichte

Curbach, M.; Lorenz, E.; Schladitz, F.; Schütze, E.; Weiland, S.: Gesamtbericht der experimentellen Untersuchungen zur allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung für ein Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit TUDALIT® (Textilbewehrter Beton), 2014, unveröffentlicht

Curbach, M.; Just, M.; Lorenz, E.; Schütze, E.: Bericht zur allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung für ein Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit TUDALIT® (Textilbewehrter Beton) – Teil:

Teilsicherheitsbeiwert von Textilbeton, 2014, unveröffentlicht

Beiträge in Zeitschriften oder Monografien

- Beckmann, B.; Schick Tanz, K.; Curbach, M.: DEM Simulation of Concrete Fracture Phenomena. *Technische Mechanik* 34 (2014) 3–4, S. 119–127
- Bolle, G.; Schacht, G.; Marx, S.: Spannbetonbau in der DDR – Anwendung und experimentelle Untersuchung des ITB-Spannverfahrens. *Beton- und Stahlbetonbau* 109 (2014) 6, S. 384–393 – DOI: 10.1002/best.201400001
- Curbach, M.: Anders Bauen ist notwendig und machbar. In: Scheerer, S.; Curbach, M. (Hrsg.): *Leicht Bauen mit Beton – Forschung im Schwerpunktprogramm 1542, Förderphase 1*, Dresden: Eigenverlag Institut für Massivbau der TU Dresden, 2014, S. 5
- Curbach, M.: Die Zukunft des Bauens – notwendige Veränderungen und Lösungsansätze. *Dresdner Transferbrief* 21 (2014) 1, S. 3
- Curbach, M.: Josef Hegger 60 Jahre. In: *Lehrstuhl und Institut für Massivbau der RWTH Aachen* (Hrsg.): *Massivbau im Wandel – Festschrift zum 60. Geburtstag von Josef Hegger*. Berlin: Ernst & Sohn / Wiley, 2014, S. 1–4; Zweitabdrucke in: *Beton- und Stahlbetonbau* 109 (2014) 11, S. 851–852 und *Bautechnik* 91 (2014) 11; S. 837–838
- Curbach, M.: Mit dem Projekt C³ – Carbon Concrete Composite in die Zukunft des Bauens. *TUDALIT-Magazin* 11 (2014), S. 20–21
- Curbach, M.; Scheerer, S.: Carbon im Brückenbau. *Bauingenieur – VDI-Jahresausgabe 2014/2015* (2014), S. 109–118 (Zweitabdruck des Beitrags zum 24. Dresdner Brückenbausymposium 2014)
- Curbach, M.; Schladitz, F.; Kahnt, A.: Revolution im Bauwesen – Carbon Concrete Composite. In: *Bundesingenieurkammer* (Hrsg.): *Ingenieurbaukunst 2015*, Berlin: Ernst & Sohn, 2014, S. 172–177
- Curbach, M.; Schladitz, F.; Lieboldt, M.: Zwanzig20 – Die nächsten Schritte und Gründung des Vereins „C³ – Carbon Concrete Composite“ in Dresden. *Carbon Composites Magazin* (2014) 1, S. 44
- Frenzel, M.; Curbach, M.: Deckentragwerke aus geschichteten Betonen – leicht und effizient. In: Scheerer, S.; Curbach, M. (Hrsg.): *Leicht Bauen mit Beton – Forschung im Schwerpunktprogramm 1542, Förderphase 1*. Dresden: Eigenverlag TU Dresden, 2014, S. 70–81
- Frenzel, M.; Lieboldt, M.; Curbach, M.: Leicht Bauen mit Beton: Balkonplatten mit Carbonbewehrung. *Beton- und Stahlbetonbau* 109 (2014) 10, S. 713–725 – DOI: 10.1002/best.201400056
- Hartig, J.; Häußler-Combe, U.: Numerical stochastic analysis of RC tension bar cracking due to restrained thermal loading. *Theoretical and Applied Fracture Mechanics* 74 (2014), S. 39–47 – DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tafmec.2014.06.004>
- Häußler-Combe, U.; Weselek, J.: Ein Bemessungsmodell für nachträglich verstärkte Stahlbetonquerschnitte mit Anmerkungen zum Sicherheitskonzept. In: *Lehrstuhl und Institut für Massivbau der RWTH Aachen* (Hrsg.): *Massivbau im Wandel – Festschrift zum 60. Geburtstag von Josef Hegger*. Berlin: Ernst & Sohn / Wiley, 2014, S. 505–517
- Just, M.; Curbach, M.: Zur Sicherheit von Textilbeton. In: *Lehrstuhl und Institut für Massivbau der RWTH Aachen* (Hrsg.): *Massivbau im Wandel – Festschrift zum 60. Geburtstag von Josef Hegger*. Berlin: Ernst & Sohn / Wiley, 2014, S. 615–625
- Lieboldt, M.; Schladitz, F.; Curbach, M.: Mit Carbon Concrete Composite C³ neue Dimensionen des Bauens gestalten. *Dresdner Transferbrief* 21 (2014) 1, S. 4–5
- Lieboldt, M.; Walther, T.: Kanalsanierung mit Textilbeton. *TUDALIT-Magazin* 11 (2014), S. 13
- Máca, P.; Jandeková, D.; Konvalinka, P.: The influence of metakaolin addition on the scaling of concrete due to frost action. *Cement Wapno Beton* 19 (2014) 1, S. 1–7
- Máca, P.; Konvalinka, P.; Curbach, M.: Behaviour of Different Types of Concrete under Impact and Quasi-Static Loading. *Applied Mechanics and Materials* 486 (2014), S. 295–300 – DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.486.295
- Máca, P.; Sovják, R.; Konvalinka, P.: Impact Testing of Concrete – The Measurement Device. *International Journal of Civil and Structural Engineering – IJCSE* 1 (2014) 4, S. 20–24
- Máca, P.; Sovják, R.; Konvalinka, P.: Mix design of UHPFRC and its response to projectile impact. *International Journal of Impact Engineering* 63 (2014), S. 158–163 – DOI: 10.1016/j.ijimpeng.2013.08.003
- Mára, M.; Máca, P.: Fracture Surface Measurement of Concrete with Respect to Loading Speed. *Advanced Materials Research* 982 (2014) July, S. 94–99
- Ritter, R.; Curbach, M.: Zugkrafteinleitung in Beton bei mehraxialen Belastungsversuchen. *Beton- und Stahlbetonbau* 109 (2014) 11, S. 793–802 – DOI: 10.1002/best.201400028
- Schacht, G.; Hampel, T.; Curbach, M.: Temporärer Korrosionsschutz von Spanngliedern. *Beton- und Stahlbetonbau* 109 (2014) 8, S. 524–533 – DOI: 10.1002/best.201400024
- Scheerer, S.: Investition in die Betonforschung. *Gespräch in betonprisma* 50 (2014) 98, S. 18–19
- Scheerer, S.; Curbach, M.: Das Institut für Massivbau – Betoneigenschaften im Fokus. *DGM im Blickpunkt* (2014), S. 124–127 – URL: http://www.alphapublic.de/flashbook/103-009_DGM-Blickp_MFD_14/103-009_DGM-Blickp_MFD_14/index.html#/142/
- Scheerer, S.; Curbach, M.: Das Schwerpunktprogramm 1542 – die erste Förderperiode im Überblick. In: Scheerer, S.; Curbach, M. (Hrsg.): *Leicht Bauen mit Beton – Forschung im Schwerpunktprogramm 1542, Förderphase 1*, Dresden:

- Eigenverlag Institut für Massivbau der TU Dresden, 2014, S. 6–25
- Schmidt, A.; Curbach, M.: Querschnittsadaption stabförmiger Druckbauteile. In: Scheerer, S.; Curbach, M. (Hrsg.): Leicht Bauen mit Beton – Forschung im Schwerpunktprogramm 1542, Förderphase 1, Dresden: Eigenverlag Institut für Massivbau der TU Dresden, 2014, S. 26–35
- Sovják, R.; Rašínová, J.; Máca, P.: Effective Fracture Energy of Ultra-High-Performance Fibre-Reinforced Concrete under Increased Strain Rates. *Acta Polytechnica* 54 (2014) 5, S. 358–362 – DOI: 10.14311/AP.2014.54.0358
- Speck, K.; Curbach, M.: Versuchstechnische Ermittlung und mathematische Beschreibung der mehraxialen Festigkeit von ultra-hochfestem Beton (UHPC). In: Schmidt, M.; Fehling, E. (Hrsg.): Nachhaltiges Bauen mit ultra-hochfestem Beton – Ergebnisse des Schwerpunktprogrammes 1182 gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), Schriftenreihe Baustoffe und Massivbau, Heft 22, Kassel: kassel university press GmbH, 2014, S. 365–392
- Walther, T.; Schladitz, F.; Curbach, M.: Textilbetonherstellung im Gießverfahren mit Hilfe des Abstandhaltersystem DistTEX. *Dresdner Transferbrief* 21 (2014), S. 6
- Walther, T.; Schladitz, F.; Curbach, M.: Textilbetonherstellung im Gießverfahren mit Hilfe von Abstandhaltern. *Beton- und Stahlbetonbau* 109 (2014) 3, S. 216–222 – DOI: 10.1002/best.201300080
- Weselek, J.: Textilbeton – auf dem Weg ins Ingenieurbüro; Softwaresammlung mit Modul zur Bemessung von Textilbeton. *TUDALIT-Magazin* 11 (2014), S. 16
- Wilhelm, S.; Curbach, M.: Review of possible mineral materials and production techniques for a building material on the moon. *Structural Concrete* (2014) 15, S. 419–428 – DOI: 10.1002/suco.201300088
- Wilhelm, S.; Curbach, M.: Überblick zu möglichen mineralischen Materialien und Herstellungsverfahren für ein Baumaterial auf dem Mond. In: Steinborn, Th. (Hrsg.): Festschrift Ludger Lohaus zur Vollendung des sechzigsten Lebensjahres, Berichte aus dem Institut für Baustoffe, Heft 12, Hannover: Eigenverlag Institut für Baustoff, Leibniz Universität Hannover, 2014, S. 107–114
- Beiträge in Tagungsbänden und Vorträge**
- Curbach, M.: Bauen bis in den Himmel – Hochhäuser weltweit. Vortrag bei der Dresdener Seniorenakademie Wissenschaft und Kunst, 15.10.2014, Deutsches Hygiene-Museum Dresden
- Curbach, M.: Carbonbeton – eine friedliche Revolution am Bau. Vortrag zum Parlamentarischen Abend „Made in Germany“ – Baurevolution mit Fasern, Berlin, 2.4.2014
- Curbach, M.: Carbon Concrete Composite C³ – Übergang in ein neues Zeitalter? *BFT International* 80 (2014) 2 [Proceedings der 58. Betontage & Vortrag, 18.–20.2.2014 in Neu-Ulm]
- Curbach, M.: Carbon Concrete Composite – Potential und Chancen einer neuen Bauweise. Vortrag beim 6. Internationalen Symposium Fasern in Beton und Kunststoff, Leipzig, 2.12.2014
- Curbach, M.: Die Brücken auf den Euroscheinen. Vortrag bei der Dresdener Seniorenakademie Wissenschaft und Kunst, 14.10.2014, Deutsches Hygiene-Museum Dresden
- Curbach, M.: Textilbeton und Carbonbeton – Das Projekt „Zwanzig20“ und Vision für 2050. Vortrag auf dem Visionsforum Bauen mit Carbon, TU Berlin, 26.2.2014
- Curbach, M.; Quast, M.: Concrete under biaxial impact loading. In: Hiermaier, S. (Hrsg.): Hopkinson Centenary Conference, 9.–11.9.2014 in Cambridge (UK), Freiburg: Fraunhofer Institute for High-Speed Dynamics, Ernst-Mach-Institut, EMI, 2014, S. 117–139 – ISBN 978-3-00-046739-4
- Curbach, M.; Scheerer, S.: Carbon im Brückenbau. In: Curbach, M.: (Hrsg.): Tagungsband zum 24. Dresdner Brückenbausymposium · Planung, Bauausführung, Instandsetzung und Ertüchtigung von Brücken. 11./12.3.2014 in Dresden, Dresden: Institut für Massivbau der TU Dresden, Eigenverlag, 2014, S. 15–28
- Curbach, M.; Wellner, S.: Chronik des Brückenbaus. In: Curbach, M.: (Hrsg.): Tagungsband zum 24. Dresdner Brückenbausymposium · Planung, Bauausführung, Instandsetzung und Ertüchtigung von Brücken. 11./12.3.2014 in Dresden, Dresden: Institut für Massivbau der TU Dresden, Eigenverlag, 2014, S. 281–314
- Häußler-Combe, U.: A novel strain-rate model for concrete and its influence on wave. In: Bicanic, N.; Meschke, G.; Mang H.; de Borst, R. (Hrsg.): Proceedings of EURO-C 2014, 24.–27.3.2014 in St. Anton am Arlberg (Austria), CRC Press, 2014, S. 97–108
- Lieboldt, M.: C³ – Carbon Concrete Composite – „Innovation Textilbeton“ mit Leichtigkeit sanieren. Vortrag auf der Fachtagung „Hochbau“ beim Sächsischen Baugewerbeverband e.V., Freiburg, 3.12.2014
- Lieboldt, M.: Konstruktion und Bemessung einer leichten Balkonbodenplatte aus Textilbeton. „Textilbeton – Herausforderungen an Ingenieur- und Handwerkskunst“, Vortrag auf der 2. Projektwerkstatt Textilbeton des Unternehmensnetzwerks texton e.V., Handwerkskammer Dresden, 7.10.2014
- Lieboldt, M.: Die Zukunft von Carbon Composites im Bauwesen. Vortrag auf der 7. ordentlichen Mitgliederversammlung des Carbon Composites e.V., SGL GROUP FORUM, Meitingen, 18.3.2014
- Michler, H.; Schneider, K.; Ficks, J. M.: Linienentwässerung als alternatives Entwässerungssystem für Brücken. In: Curbach, M.: (Hrsg.): Tagungsband zum 24. Dresdner Brückenbausymposium · Planung, Bauausführung, Instandsetzung und Ertüchtigung von Brücken.

- 11./12.3.2014 in Dresden, Dresden: Institut für Massivbau der TU Dresden, Eigenverlag, 2014, S. 257–268
- Michler, H.: Brückenschlagen mit Textilbeton. In: Kurath, J. (Hrsg.): Tagungsband zur 3. Fachtagung FVK – Faserverbundkunststoffe im Bauwesen, 3/2014 in Winterthur, ZHAW Winterthur, Institut Konstruktives Entwerfen – Fachgruppe FVK, 2014, S. 257–268
- Scheerer, S.; Curbach, M.: Leicht Bauen mit Beton – Forschung im DFG-Schwerpunktprogramm 1542. In: Tue, N. V.; Maydl, P.; Freytag, B.; Santner, G. (Hrsg.): Nachhaltig Bauen mit Beton: Werkstoff und Konstruktion, Tagungsband zum 2. Grazer Betonkolloquium am 25./26.9.2014 in Graz (Österreich), Graz: Verlag der Technischen Universität Graz, 2014, S. 37–48
- Schladitz, F.; Abdelkafi, N.: Carbonbeton: Potenziale aus technischer und wirtschaftlicher Sicht. Vortrag zur Fachtagung der Fraunhofer-Allianz Bau 2014 – Baumaterialien der Zukunft – Entwicklung und Einsatz von Verbundwerkstoffen, 9.10.2014 in München
- Schladitz, F.; Lorenz, E.; Walther, T.: Textilbeton – Gestaltung ohne Grenzen? In: Müller, H. S.; Nolting, U.; Haist, M.; Kromer M. (Hrsg.): Tagungsband zum 10. Symposium Baustoffe und Bauwerkserhaltung „Gestalteter Beton – Konstruieren in Einklang von Form und Funktion“ am 13.3.2014 in Karlsruhe, Karlsruhe: KIT Scientific Publishing, 2014, S. 49–56 – DOI:10.5445/KSP/1000038840
- Schlüter, D.; Schladitz, F.: Carbon Concrete Composite – Concrete, carbon and the blue ocean. Vortrag auf der Aachen-Dresden International Textile Conference 2014, 27./28.11.2014 in Dresden
- Sovják, R.; Vavřínek, T.; Frydrýn, M.; Mičunek, T.; Zatloukal, J.; Máca, P.: Residual velocity of the non-deformable projectile after perforating the ultra-high performance fibre reinforced concrete. In: Schleyer, G.; Brebbia, C. A. (Hrsg.): Proc. of International Conference on Structures Under Shock and Impact XIII, 3.–5.6.2014 in New Forset (UK), WIT Press, 2014, S. 257 – DOI: 10.2495/SUSI140221
- Walther, T.; Curbach, M.: Mit DistTEX Textilbeton gießend herstellen. In: Tue, N. V.; Maydl, P.; Freytag, B.; Santner, G. (Hrsg.): Nachhaltig Bauen mit Beton: Werkstoff und Konstruktion, Tagungsband zum 2. Grazer Betonkolloquium am 25./26.9.2014 in Graz (Österreich), Graz: Verlag der Technischen Universität Graz, 2014, S. 197–204
- Weller, B.; Tautenhahn, L.; Sauerborn, T.: Strain distribution of out-of-plane loaded glass plates by photogrammetry. In: Louter, C.; Bos, F.; Belis, J.; Lebet J. (Hrsg.): Proceedings of Challenging Glass 4 \ & COST Action TU0905 Final Conference, 2014 in Lausanne (CH), London: Taylor & Francis Group, 2014, S. 541–548 – ISBN 978-1-138-00164-0
- Weselek, J.; Häußler-Combe, U.: Bending Load Capacity of Strengthened RC Beams with Stochastically Distributed Material Properties. In: Bicanic, N.; Meschke, G.; Mang H.; de Borst, R. (Hrsg.): Proceedings of EURO-C 2014, CRC Press, 24.–27.3.2014 in St. Anton am Arlberg (Austria), 2014, S. 859–870
- Weselek, J.; Häußler-Combe, U.: Sensitivity Analysis of Strengthened RC Beams with Stochastically Distributed Material Properties. In: Proceedings 12th International Probabilistic Workshop, 4./5.11.2014 in Weimar, Bauhaus-Universität Weimar, 2014, S. 352–359
- Wilhelm, S.; Curbach, M.: Manufacturing of Lunar Concrete by steam. Vortrag auf der Earth and Space Conference 2014: Engineering, Science, Construction and Operations in Challenging Environments, St. Louis/USA, 27.–29.10.2014
- Zobel, R.; Weselek, J.: Große Spannweiten – Brückenbauexkursion 2013 nach Dänemark. In: Curbach, M.: (Hrsg.): Tagungsband zum 24. Dresdner Brückenbausymposium · Planung, Bauausführung, Instandsetzung und Ertüchtigung von Brücken. 11./12.3.2014 in Dresden, Dresden: Institut für Massivbau der TU Dresden, Eigenverlag, 2014, S. 271–279

MITARBEITER

Stand: 31.12.2014

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

Dr.-Ing. Harald Michler

Dipl.-Ing. Michael Frenzel

Dr.-Ing. Maria Patricia Garibaldi

Dipl.-Ing. Viet Anh Nguyen

Dipl.-Ing. Gregor Schacht

Dipl.-Ing. Angela Schmidt

Dipl.-Ing. Nico Schmidt

Dipl.-Ing. Sebastian Wilhelm

Dipl.-Ing. Robert Zobel

Forschungsgruppe 2: UHPC / DEM / Impakt

Dr.-Ing. Kerstin Speck

Dr.-Ing. Birgit Beckmann

Joachim Finzel M.Sc.

Martin Just M.Sc.

Tino Kühn M.Sc.

M.Eng. Petr Máca

Dipl.-Ing. Evmorfia Panteki

Dipl.-Ing. Matthias Quast

Dipl.-Math. Dirk Reischl

Forschungsgruppe 3: Textilbeton

Enrico Lorenz M.Sc.

Mateusz Ewertowski M.Sc.

Dipl.-Ing. Karoline Holz

Dipl.-Ing. Egbert Müller

Dipl.-Ing. (FH) Frank Neumann

Dipl.-Ing. Tom Sauerborn

Dr.-Ing. Thoralf Schober

Dipl.-Ing. Elisabeth Schütze

Dipl.-Ing. Tilo Senckpiel

Dipl.-Ing. Tobias Walther

Dipl.-Ing. Jörg Weselek

Forschungsgruppe 4: Carbonbeton

Dr.-Ing. Frank Schladitz

Dr.-Ing. Matthias Lieboldt

Dipl.-Ing. (FH) Alexander Kahnt

Dipl.-Sprachmittlerin Angela Reute

Dipl.-Ing. Dominik Schlüter

Dipl.-Wirtsch.-Ing. (FH) Matthias Tietze

Technische Mitarbeiter

Ulrich van Stipriaan M.A.

Martin Weller

Beurlaubt

Dr.-Ing. Frank Jesse

Otto-Mohr-Laboratorium

Leiter OML

Dr.-Ing. Torsten Hampel

Stellvertreter OML

Dipl.-Ing. Kathrin Dietz

Sekretariat

Petra Kahle

Wissenschaftliche Mitarbeiterin

Dipl.-Ing. (FH) Sabine Wellner

Technische Mitarbeiter

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





Und sonst so...



»Wissen schafft Brücken.«