



**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**

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



JAHRESBERICHT 2010

Impressum

Herausgeber

Prof. Dr.-Ing. 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

Redaktion

Silke Scheerer

Texte und Fotos

Birgit Beckmann, Anett Brückner, Christian Dittrich, Daniel Ehlig, Joachim Finzel, Torsten Hampel, Jens Hartig, Anja Hummeltenberg, Dirk Jesse, Frank Jesse, Mirko Kitzig, Laura Lemnitzer, Alexander Lindorf, Enrico Lorenz, Steffen Marx, Harald Michler, Regine Ortlepp, Matthias Quast, Robert Ritter, Gregor Schacht, Silke Scheerer, Frank Schladitz, Steffen Schröder, Katrin Schwiteilo, Kerstin Speck, Ulrich van Stipriaan, Silvio Weiland, Martin Weller

Mitarbeit / Korrektur

Conny Dehne, Silvia Haubold, Angela Heller, Teresa Jurack

Gestaltung

Ulrich van Stipriaan

Druck

addprint AG · Am Spitzberg 8a · 01728 Bannewitz

Inhalt

Vorwort	5
Forschung	7
Werkzeugmatrizen für wirkmedienbasierte Blechumformverfahren	8
Vorankündigung von Schubversagen	10
Großformatige Stahlbetonplatten mit Textilbetonverstärkung	12
Kleine Welle – Große Wirkung	14
Sandwichplatten aus Textilbeton	16
Stochastische Materialmodellierung für Textilbeton	18
Übergreifungsstöße in Verstärkungsschichten aus Textilbeton	20
Verstärkung mit Textilbeton – Einfach (und) clever	22
Leichtbauelemente für Brand- und Schallschutz	24
Stützenverstärkung mit Textilbeton	26
Feuer und Flamme für Textilbeton	28
Dünne Betondecken auf langen Brücken	30
Carbon-Bewehrung für wasserundurchlässigen Normalbeton	32
Stahl- und Spannbeton unter Querkzug	34
Beton unter mehraxialer Zugbelastung	36
Verbundermüdung unter Querkzug	38
Ältere Spannstähle im Test	40
Versagenswahrscheinlichkeit älterer Spannbetonbrücken	42
Mehraxiale Schädigungsgesetze für Beton.....	44
Wie verhalten sich Betonplatten unter Steinschlag?	46
Virtuelle Probekörper: Der Blick ins graue Innere	48
Betonverhalten unter Impakt	50
DEM-Simulation von Impaktvorgängen	52
Betonkonstruktionen unter extremen Beanspruchungen	54
Lehre	57
Lehrveranstaltungen des Institutes für Massivbau	58
Projektarbeiten	64
WinterSemester 09/10	64
Diplomarbeiten und Masterarbeiten	66
Wissenschaft ist mehr...	70
4500 km, über 50 Brücken, 8 Zeltplätze und unzählige schöne Erlebnisse	71
Lange Nacht der Wissenschaften 2010	72
Manos-Schüler bei den Bauingenieuren	73
Die Tragfähigsten kommen aus Dresden.....	75
Großer Lauschangriff auf alte Bauten	76
Stahl und Beton: Ein (Ver)bund für die Ewigkeit?	78
Otto-Mohr-Laboratorium	81
Probebelastung einer Stahlbetonrippendecke	88
Simulierte Brandeinwirkung auf Deckenplatten	89
Von Zauberhand gehalten	90
Historische Sandsteinbalustrade hält	91
Pendelschlagversuche an Postamenten	92
Bruchfestigkeit einer Glockenkrone	93
Geprüft und für tauglich befunden	94
Technikum in Betrieb genommen	95
Institut	99
Das Institut für Massivbau in Zahlen und Fakten	100
Promotion	111
Publikationen 2010	112
Zeitschriften & Konferenzen 2010.....	112
Mitarbeiter.....	114
Dank an unserer Förderer	116



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

Begeisterung für Beton

Obwohl der Baustoff Beton nun schon über 2000 Jahre und der Stahlbeton schon über 150 Jahre alt ist, sind wir noch weit davon entfernt, dieses für unseren Lebensstandard und unsere Lebensqualität so wichtige Material richtig zu kennen und optimal einzusetzen.

Bei allen Erfolgen der letzten Jahrzehnte in der Weiterentwicklung des Betons hin zum ultrahochfesten Beton, selbstverdichtenden Beton, Hochleistungsleichtbeton und zum Textilbeton gibt es noch enorme Reserven in der optimalen Umsetzung in Bauteile, Baukonstruktionen und Bauwerke. Aufgrund von kurzfristig angelegten Wirtschaftlichkeitsüberlegungen, zeitlichen Zwängen und tradierten Herstellverfahren von Betonbauteilen werden große Mengen Beton und damit Ressourcen und Energie an Stellen verbaut, die bei optimaler Konstruktion vermeidbar wären.

Wir verstehen es als unsere Aufgabe, die Vielfalt an Betonen mit den jeweiligen optimierten Eigenschaften in zukünftigen Konstruktionen einsetzbar zu machen. Dies gilt für den Neubau von „traditionellen“ Bauwerken ebenso wie für die Verlängerung der Lebensdauer vorhandener Stahlbetonbauwerken. Dies gilt aber auch für den klugen Einsatz von Beton für Bauwerke, mit denen wir sowohl Menschen als auch für den Menschen wichtige Infrastruktur gegen Belastungen schützen, die bei gleichzeitig hoher Intensität und kurzer Einwirkungszeit (so genanntem Impakt) ein hohes Zerstörungspotential aufweisen. Hier verändern sich die physikalischen Eigenschaften des Betons

signifikant und es gilt, diese Veränderungen nicht nur zu kennen, sondern sie gegebenenfalls auch nutzbar zu machen.

Alle im vorliegenden Jahresbericht vorgestellten Forschungsprojekte dienen dem Ziel, den Eigenschaften des Betons in den jeweiligen Anwendungen auf den Grund zu gehen, zu erkennen, wie und warum bewehrter Beton funktioniert und dafür zu sorgen, dass neue Anwendungen möglich werden.

Dieses neu erlangte Wissen weiterzugeben, ist uns auch in der Lehre ein wichtiges Anliegen. In den Vorlesungen und Übungen, aber auch in Belegen und Diplomarbeiten werden die Ergebnisse unserer Forschung vermittelt, ohne das Basiswissen in der Ausbildung zu vernachlässigen.

So glauben wir, unserer Verantwortung gegenüber der Gesellschaft am besten gerecht zu werden: durch Ausbildung unserer Studierenden und Nachwuchswissenschaftler, durch Veröffentlichung unserer Forschungsergebnisse und Transfer in die Praxis.

Wir sind davon überzeugt, dass wir durch unsere Arbeit einen kleinen Beitrag zum Erhalt und zur Verbesserung unseres Lebensstandards auf dieser Welt beitragen, weil wir voller Begeisterung an einem Werkstoff arbeiten, den wir einfach gut finden: Beton.

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





FORSCHUNG

Werkzeugmatrizen für wirkmedienbasierte Blechumformverfahren

In diesem Projekt werden formgebende Werkzeugmatrizen aus hydraulisch gebundenen Werkstoffen für wirkmedienbasierte Blechumformverfahren entwickelt und deren Materialverhalten wirklichkeitsnah simuliert. Gute Ergebnisse wurden mit einer Werkzeugmatrize aus einem feinkörnigen stahlfaserbewehrten Ultrahochleistungsbeton erzielt, mit der bei einem Wirkmediendruck (Umformdruck) von bis zu 80 MPa mehrere konturgleich geformte Bleche hergestellt werden konnten.

Die Beanspruchbarkeit eines Betonwerkzeugs kann bei Ausnutzung der festigkeitssteigernden Wirkung eines mehraxialen Druckspannungszustandes erhöht werden. Deshalb wurde eine zweite Matrize mit einer Umschnürung entwickelt, die es erlaubt, einen seitlichen Druck von bis zu 20 MPa aktiv auf das Werkzeug auszuüben. So konnten bisher Bleche bis zu einem Umformdruck von 100 MPa geformt werden, ohne dass an dem Werkzeug Anzeichen plastischer Verformungen auftraten. In weiteren Versuchen soll die Grenze des maximal realisierbaren Umformdrucks ermittelt werden.

Für eine effiziente Gestaltung der Matrizen ist es wichtig, den Umformprozess mit materialspezifischen Last-Verformungs-Beziehungen zu simulieren. Aus den Versuchsergebnissen der Matrize

ohne Umschnürung wurde geschlussfolgert, dass ein dreiaxialer Druck-Druck-Zugspannungszustand zum Versagen des Werkzeugs führt. Für diese Beanspruchungsart sind daher Versuche an würfelförmigen Probekörpern geplant. Zur Erfassung der Probekörperverformungen wird derzeit eine Messmethode entwickelt, bei der die Verformungen des Materials nicht wie bisher indirekt über die Lasteinleitungsmittel, sondern im Innern des Probekörpers selbst bestimmt werden. Dazu werden Fasern mit eingeschriebenen Bragg-Gittern, appliziert auf ein tetraederförmiges Trägergerüst, in die Probe einbetoniert. Zur Verifizierung der Messmethode wurden bereits einaxiale Druck- und Zugversuche durchgeführt, bei denen die Verformungen gleichzeitig auch mit Dehnmessstreifen gemessen wurden. Die Versuche zeigten, dass Faser-Bragg-Gitter geeignet sind, kleine Probekörperverformungen zu messen. Die Untersuchungen ergaben außerdem, dass die Inhomogenität des Feinkornbetons keine Auswirkung auf die Dehnungsmessung der nur 5 mm langen Bragg-Gitter hat bzw. dass die Messergebnisse in der gleichen Größenordnung wie die herkömmlicher Dehnmessstreifen streuen. Zur abschließenden Verifizierung der Messmethode werden Faser-Bragg-Gitter in Probewürfel einbetoniert und mit den Messwerten der auf der Probekörperoberfläche applizierten Dehnmessstreifen verglichen.

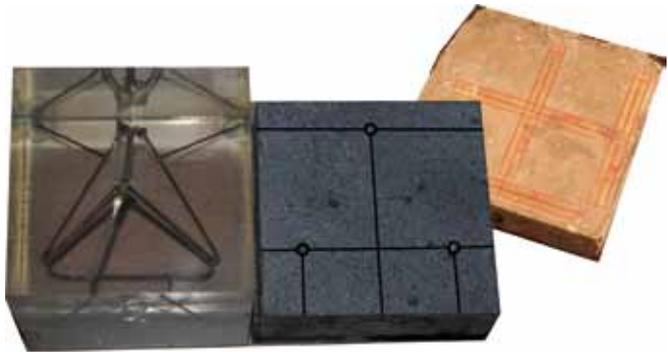


Umformwerkzeug mit Umschnürung zum aktiven Aufbringen eines seitlichen Druckes auf die Betonmatrize und umgeformtes Blech

Forming die with a confinement system to apply a confinement pressure actively and hydroformed metal sheet

Concrete Dies for Sheet Metal Hydroforming

This research project is about developing forming dies made of hydraulic binder agent materials for sheet metal hydroforming and simulating the material behaviour realistically. Good results have been obtained by a concrete die made of fine-grained steel fibre reinforced ultra high performance concrete, which realised producing several sheet metals of similar contours at a forming pressure of up to 80 MPa.



The strength of a forming die can be increased by utilising the multi axial state of compressive stresses. Therefore, a second forming die has been developed to be able to apply a confinement pressure of up to 20 MPa. This way, metal sheets could be formed up to a forming pressure of 100 MPa without any deformation occurring on the forming die. Further tests shall determine the limit forming pressure.

For an efficient design of the forming dies, it is important to simulate the forming process by material-related load-deformation-relationships. Concluding from the test results of the die

Anordnung der Messstellen im würfelförmigen Probekörper zur Bestimmung der Normaldehnungen und Schubverzerrungen bei mehraxialen Belastungsversuchen
Measuring point setup of the cubic specimen to determine normal and shear strains for multi-axial loading tests

without confinement pressure, a multi axial compression-compression-tension stress state led to the failure of the forming die. For this kind of loading, tests on cubic specimens are planned. To record the deformation of the specimens, a measuring technique is developed at present, where so far the deformation of the material is not determined indirectly by measuring deformations at load transfer appliance, but automatically inside of the specimens. For this purpose, fibres with Bragg gratings, which are applied on a tetrahedron-shaped frame, are cast into the specimen. In order to verify this measuring technique, uniaxial compression and tension stress tests have already been conducted, where the deformation was recorded by means of strain gauges. The tests showed that Fibre-Bragg-gratings are adequate for measuring small deformations of the specimens. Also, the investigations revealed, the inhomogeneity of the fine-grained concrete has no impact on the measurement of the 5 mm long Bragg-gratings, respectively the test results disperse as much as the results of usual strain gauges. Eventually, Fibre-Bragg-gratings are cast into the cubic specimens and the results will be compared to those of the strain gauges applied on the concrete surface to be able to verify this measuring technique.

Titel | Title

Entwicklung von formgebenden Werkzeugen aus hydraulisch gebundenen Werkstoffen für wirkmedienbasierte Umformverfahren | *Development of Forming Dies Made of Hydraulic Binder Agent Materials for Sheet Metal Hydroforming*

Förderer | Funding

DFG, Projekte CU 37/7-2 und TE 508

Zeitraum | Period

04.2007 – 03.2009 (1. Periode)

01.2010 – 12.2011 (2. Periode)

Leiter | Project Manager

Prof. Dr.-Ing. Manfred Curbach
(Institut für Massivbau, TU Dresden)

Prof. Dr.-Ing. A. Erman Tekkaya (Institut für Umformtechnik und Leichtbau, TU Dortmund)

Bearbeiter | Contributors

Dipl.-Ing. Robert Ritter (TU Dresden)

Dr.-Ing. Michael Trompeter (TU Dortmund)

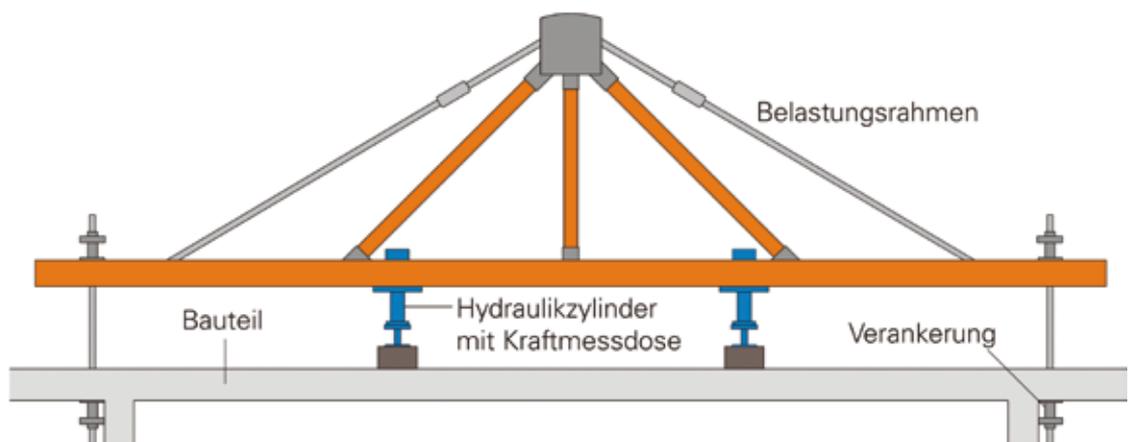
Vorankündigung von Schubversagen

Sehr oft sind Bauingenieure damit beschäftigt, neue Bauwerke zu konstruieren. Doch seit einiger Zeit steigt der Bedarf an einer Weiter- bzw. Um-nutzung bestehender Gebäude stetig an.

Dabei erfordert der Umgang mit bestehenden Gebäuden eine grundsätzlich andere Herangehensweise als der Neubau. Das Bauwerk existiert bereits und Geometrie- und Bauteileigenschaften können nur noch geringfügig beeinflusst werden. Neben der baustofflichen und bauphysikalischen Untersuchung liegt das Hauptaugenmerk vor allem auf der Bewertung der Tragfähigkeit und Nutzungssicherheit der Bestandsgebäude. Diese Beurteilung ist besonders bei Bauwerken mit Baustoff- und Konstruktionsmängeln oder mit Schäden schwierig, bei denen sich die erforderliche Tragsicherheit rechnerisch nicht nachweisen lässt. Weitere Schwierigkeiten entstehen durch fehlende oder unvollständige Bestandspläne oder bei Unklarheiten über den statischen Lastabtrag. In solchen Fällen ist die experimentelle Tragsicherheitsbewertung eine sichere und wirtschaftliche Alternative zur Beurteilung der Tragsicherheit von Baukonstruktionen. In vielen Fällen können damit die Trageigenschaften wirklichkeitsnah eingeschätzt und Tragreserven erschlossen werden, so dass eine aufwändige Verstärkung oder gar ein Ersatzneubau nicht erforderlich sind.

Die Versuchsziellast ergibt sich aus den Nutzungsanforderungen des Bauwerkes und ist die Last, die im Versuch nachgewiesen werden soll. Die Festlegung sinnvoller Abbruchkriterien wie z. B. der sogenannten Versuchsgrenzllast kann dagegen weitaus schwieriger sein. So kommt es immer wieder vor, dass vorhandene Tragreserven bei Tragwerken mit geringer Duktilität aufgrund fehlender Bewertungskriterien nur bedingt berücksichtigt werden können. Deshalb wird in diesem Forschungsvorhaben daran gearbeitet, auch für diese Art von Tragwerken Indikatoren zu entwickeln, die eine zuverlässigere Bestimmung der Versuchsgrenzllast ermöglichen. Dazu werden neben der herkömmlichen Messtechnik vor allem 2D- oder 3D-Messverfahren wie die Photogrammetrie und die Schallemissionsanalyse verwendet.

Durch die Kombination dieser Messverfahren soll eine wesentliche Verbesserung der Informationsqualität während eines Belastungsversuches erreicht werden. Ziel ist es, objektive Kriterien für die Bestimmung der Versuchsgrenzllast definieren zu können. Dadurch soll gewährleistet werden, dass beginnendes nichtlineares Strukturverhalten auf sehr geringem Lastniveau unmittelbar während des Versuches festgestellt und damit die Versuchsgrenzllast schadungsfrei ermittelt werden kann.



*Selbstsichernde Belastungstechnik
Self-locking loading equipment*

Advance Notice of Shear Failure

For the most part civil engineers have to deal with the construction of new buildings. But since a couple of years the need of a further or different use of existing structures increases continuously.

Thereby the handling and the assessment of existing structures requires a totally different approach than new constructions. The structure already exists and geometry and material characteristics are defined and can only marginally be influenced. Therefore a main focus is – in addition to material and physical examinations – put on the assessment of the load bearing capacity and the serviceability. This evaluation is especially difficult for structures with material or construction deficiencies, damages or similar problems, which make it difficult to verify an adequate structural safety analytically. Additional difficulties are caused by missing or incomplete as-built drawings and documents or uncertainties in terms of force transfer through the structure. For these cases the experimental evaluation is an alternative method for a safe and economic assessment of the structural safety of existing structures. Therewith the loading carrying behaviour can be realistically evaluated and hidden load bearing capacity reserves can be determined in many cases and a costly reinforcement or even reconstruction can be avoided.

Titel | Title

Versuchsgrenzlastindikatoren bei Belastungsversuchen | *Criteria for the determination of the ultimate load during a loading test*

Förderer | Funding

Zukunft Bau,
Bundesministerium für Bau- und Raumordnung

Zeitraum | Period

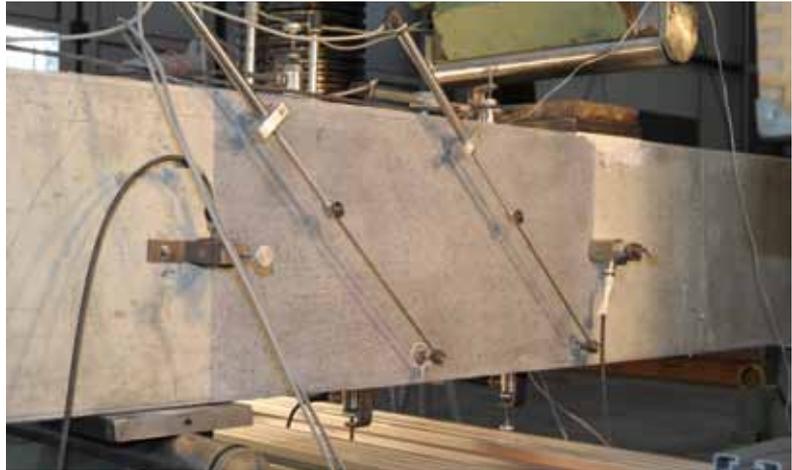
10.2009 – 06.2011

Leiter | Project Manager

Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx

Bearbeiter | Contributors

Dipl.-Ing. Gregor Schacht



Messtechnik am Versuchskörper
Measurement on the test specimen

The target test load results according to the requirements of use and is the load that has to be proven by the loading test. The definition of practical abort criteria like the so called ultimate test load can therefore be more difficult. For this reason, it often happens, that the existing load bearing reserves of structures with less ductility can only partly be used because of missing assessment criteria.

Therefore it is the aim of this research project to determine indicators, which allow a reliable definition of the ultimate test load for these types of structures. For this purpose, additional to common measuring equipment especially 2D and 3D measuring technologies like photogrammetry and acoustic emission are used. By combining the different measuring technologies it is aimed to improve the quality of structural information during an experimental investigation and to obtain objective criteria for the experimental maximum load. Thus the detection of a beginning non-linear structural behaviour at an already very low level shall be guaranteed and the definition of the ultimate test load is possible without causing damage to the structure.

Großformatige Stahlbetonplatten mit Textilbetonverstärkung

Im Rahmen des SFB 528 wurden in den vergangenen Jahren schon zahlreiche Versuche zur Biegetragfähigkeit von textilbetonverstärkten Stahlbetonplatten durchgeführt. Die Untersuchungen erfolgten dabei i. d. R. an relativ kleinen 60 cm breiten und 10 cm dicken Stahlbetonplatten mit einer Spannweite von 1,6 m. Zur Verstärkung wurden textile Gelege aus alkaliresistentem Glas oder Carbon mit verschiedenen Garnfeinheiten (also Bewehrungsgehalten) verwendet. Parallel zu diesen Versuchen wurden Berechnungsmodelle entwickelt, mit denen u. a. die maximale Biegetragfähigkeit der verstärkten Bauteile vorhergesagt werden kann. Nun sollte überprüft werden, ob diese bisher gewonnenen Ergebnisse und Berechnungsmodelle auf deutlich größere Stahlbetonplatten übertragbar sind. Außerdem sollte der Nachweis erbracht werden, dass deutlich größere Verstärkungsgrade als bisher erprobt in der Praxis realisierbar sind.

Die nun untersuchten 7,0 m langen, 1,0 m breiten und 0,23 m dicken Stahlbetonplatten entsprachen realen Abmessungen im Bauwerk. Die untere Biegezugbewehrung bestand aus fünf Eisen mit einem Durchmesser von 12 mm, die im Abstand von 20 cm verlegt wurden. Als Querbewehrung wurden ebenfalls Bewehrungsseisen mit einem Durchmesser von 12 mm verwendet. Die Betondeckung betrug 25 mm. Vor dem Verstärken

wurden die Stahlbetonplatten zur Sicherstellung einer rauen Verbundfuge sandgestrahlt. Nach dem Vornässen erfolgte dann der lagenweise Auftrag des Textilbetons. Als textile Bewehrung kamen Carbongelege SGL Grid 600 zum Einsatz, die einen deutlich größeren Garnquerschnitt als die bisher verwendeten Gelege haben.

Neben einer unverstärkten Referenzplatte wurden vier mit ein bis vier Lagen textiler Bewehrung verstärkte Platten im 4-Punkt-Biegeversuch geprüft. Die Spannweite betrug 6,75 m, der Abstand der Lasteinleitungspunkte 1,5 m. Erwartungsgemäß konnten für die textilbetonverstärkten Stahlbetonplatten deutlich höhere Tragfähigkeiten als für die unverstärkte Referenzplatte nachgewiesen werden. Die Tragfähigkeit stieg mit wachsender Lagenanzahl gleichmäßig bis auf das 3,5-Fache der unverstärkten Referenzplatte bei Verstärkung mit vier Lagen textiler Carbonbewehrung an. Gleichzeitig verringerten sich bei gleichem Lastniveau mit zunehmender Lagenanzahl die Durchbiegungen. Der Vergleich der experimentell und rechnerisch ermittelten Tragfähigkeiten ergab Abweichungen von weniger als 10 %. Dadurch konnte die Anwendbarkeit der im Vorfeld entwickelten Biegebemessungsmodelle auch für Bauteile mit großen Spannweiten und großen Verstärkungsgraden nachgewiesen werden.



Verstärkte Stahlbetonplatte beim 4-Punkt-Biegeversuch
Reinforced concrete slab in a 4-point bending test

Strengthening of Large-size Slabs with TRC

Within the SFB 528 numerous tests have been carried out concerning bending bearing capacity of reinforced concrete slabs being strengthened by textile reinforced concrete (TRC). As a rule the research was based on relatively small reinforced concrete slabs with span widths of 1.6 m. The strengthening was formed by textile fabric from alkali-resistant glass or carbon with different yarn finenesses and reinforcement degrees. Parallel to these tests we developed calculation models making possible the prediction of the maximum bending bearing capacity of the strengthened components. Now the concern was to check whether the results and calculation models having been achieved until now were applicable to considerably larger reinforced concrete units. Furthermore the proof was to be shown, that notably larger reinforcement degrees of the strengthening than tested were safely producible.

This time the reinforced concrete slabs were 7.0 m long, 1.0 m wide and 0.23 m thick, therefore corresponded to real dimensions in a building. They received a steel reinforcement of 5 \varnothing s 12 in longitudinal direction with an intersection of 20 cm. The transverse reinforcement was formed by \varnothing s = 12 mm with an intersection of 15 cm. The concrete covering was 25 mm. Before



Sandgestrahlte Oberfläche
Sandblasted surface

strengthening with TRC the reinforced concrete slabs were sand blasted so as to ensure a rough composite joint. After the following prewetting the TRC was applied using Carbon fabric SGL Grid 600 which has a considerably larger yarn cross section than the fabrics used before.

Beside an unstrengthened reference slab four slabs being strengthened by one to four layers of textile reinforcement were tested in the four point bending test. The slab span width was hereby 6.75 m; the distance between the two points of load application was 1.5 m. As expected notably larger bearing capacities could be verified for the TRC strengthened slabs compared to the unstrengthened reference ones. The load-carrying capacity increased evenly with growing layer numbers. Four layers of carbon reinforcement augmented the bearing capacity to 3.5 times the unstrengthened one. Furthermore we observed a diminution of the deflection with a growing layer number and equal load level.

The comparison of the experimentally and calculative determined load-carrying capacities showed variations of less than 10 %. Thus we were able to proof the usability of the bending measuring models developed beforehand for large span widths and high reinforcement degrees.

Titel | Title

Großversuche im Rahmen des SFB 528

Förderer | Funding

Torkret AG,
Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Zeitraum | Period

07.2008 – 06.2011

Leiter | Project Manager

Prof. Dr.-Ing. Manfred Curbach

Bearbeiter | Contributors

Frank Schladitz M.Sc., Enrico Lorenz M.Sc.

Kleine Welle – Große Wirkung

Um Textilbeton als effiziente Verstärkung für Betonbauteile verwenden zu können, wurde das ein- und zweiachsiges Zugtragverhalten von bewehrtem Feinbeton experimentell untersucht. Bei einigen mit Carbontextilien bewehrten Proben trat ein großflächiges Ablösen der Betondeckung ein, bevor sie versagten. Dieser als Delamination bezeichnete Vorgang wurde bei gleichartigen Versuchen mit alkali-resistenten (AR-) Glasfasern nicht beobachtet. Dies war ein scheinbarer Widerspruch, denn die Gelege wurden in gleicher Art und Weise hergestellt und besaßen eine nahezu identische Geometrie, was ein annähernd gleiches Tragverhalten vermuten ließ.

Die Welle im Garn

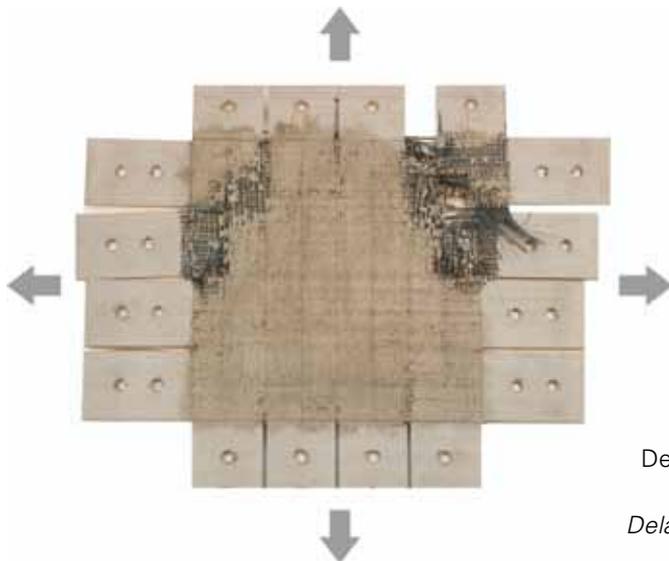
Bei dem bisherigen Herstellungsverfahren für die Textilbewehrung konnte eine gewisse Garnwelligkeit nicht vermieden werden. Die Textilien entstehen aus zwei Garnlagen, die miteinander vernäht werden. An den Kreuzungspunkten liegen die einzelnen Garnachsen nicht in der Mittelfläche des Geleges, dazwischen aber bisher schon. Deshalb waren die Garne stark gewellt. Unter Zugbelastung werden sie gerade gezogen. Sind die Textilien jedoch in eine Feinbetonmatrix eingebettet, behindert der Beton das Geradeziehen der Garne. Dadurch wirken auf den Beton und das Textil quer zur Garnachse Kräfte. Mit zunehmendem Garnzug erhöhen sich diese Umlenkkräfte und können

dabei soweit ansteigen, dass die Betonschicht abgesprengt wird: Delamination tritt ein.

Die Festigkeit macht den Unterschied

Im Verbundwerkstoff trägt der Beton anteilig Zugkräfte ab, bis seine Festigkeit erreicht ist. Dann beginnt er zu reißen und die textile Bewehrung übernimmt immer mehr den Lastabtrag. Ist die Rissbildung des Betons abgeschlossen, trägt allein das Textil die Zugkräfte ab, bis es ebenfalls reißt und die gesamte Probe versagt. Bevor die Umlenkkräfte den Beton absprengen, wird bei Textilien aus AR-Glas deren Zugfestigkeit bereits erreicht: sie versagen. Die Festigkeit von Carbon ist aber etwa 2,5mal größer als die von AR-Glas. Folglich sind bei Carbontextilien auch die Beanspruchungen aus der Garnwelligkeit etwa 2,5mal so groß. Die resultierenden Umlenkkräfte können hier so weit ansteigen, dass sie den Beton absprengen.

Delamination stellt natürlich kein gewünschtes Materialverhalten von Textilbeton dar. Aufgrund der beobachteten Effekte wurde die Textilherstellung weiterentwickelt und entscheidend verbessert. Mit dem erweiterten Nähwirkprozess kann mittlerweile die Garnwelligkeit deutlich reduziert und damit die Delaminationsneigung wirksam vermindert werden.



Delamination bei einer zweiachsigalen Zugprobe mit Carbonbewehrung
Delamination at a biaxial tensile test specimen with carbon reinforcement

Small Wave – Great Effect

The unit- and biaxial load-bearing behaviour of textile reinforced concrete (TRC) had to be examined to use TRC as an efficient strengthening method for reinforced concrete elements. In some tensile tests with carbon reinforced specimens a distinct separation of the concrete cover occurred before they were destroyed. This process called delamination was not noticed in similar tests with specimens reinforced with textiles made of alkali-resistant glass. The question was: why is the load-bearing behaviour of the textiles different despite nearly identical geometry and fabrication?

The wave in the yarn

During the textile fabrication a certain undulation of the yarns could not be avoided. The textiles are produced from two layers of yarns that are stitched together. At the points of intersection the individual yarn axes do not lie in the middle of the textiles. In between they do lie in the middle and therefore they are wavy. Under tensile loads these yarns are pulled straight. But if the textiles are embedded in fine concrete, the matrix constrains the pulling straight of the yarns. That's why forces affect the concrete and the textiles in the cross direction. With increasing tensile loads on the yarns these deviation forces are rising and this can even lead to a spall of the concrete cover delamination occurs.

The strength makes the difference

The concrete transfers a part of the tensile loads acting on the composite material until it reaches its

Titel | Title

Verbundtragverhalten und konstruktive Bewehrungs-details (SFB 528-B5) & Experimentelle Ermittlung des Tragverhaltens von textiltbewehrtem Beton (SFB 528-B1) | *Fundamentals of structural reinforcement detailing of textile reinforced concrete (SFB 528-B5) & experimental investigation of the behavior of textile reinforced concrete (SFB 528-B1)*

Förderer | Funding

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Zeitraum | Period

07.2008 – 06.2011

Leiter | Project Manager

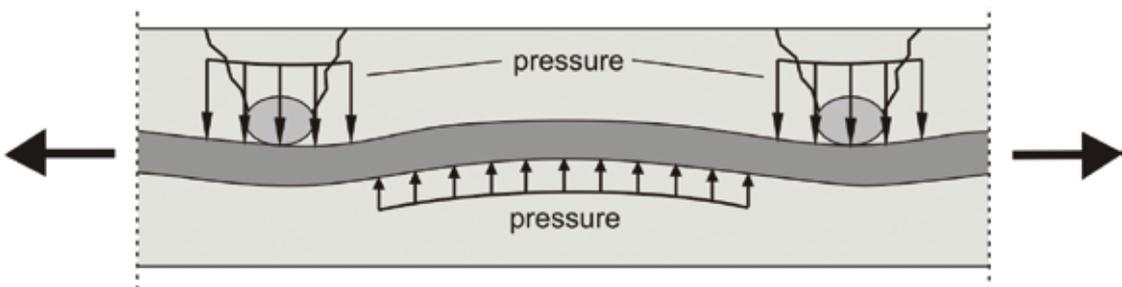
Dr.-Ing. Regine Ortlepp, Dr.-Ing. Frank Jesse

Bearbeiter | Contributors

Enrico Lorenz M.Sc., Dipl.-Ing. Katrin Schwiteilo, Dipl.-Ing. Dirk Jesse

tensile strength. Then the concrete begins to crack and the textile reinforcement is more and more involved into the load transfer. Once the crack formation is completed the textile assumes the tensile loads on it's own until its maximum strength is also reached. Then the specimen fails. The deflection forces in specimens with textiles made of alkali-resistant glass don't become large enough to spall the concrete cover before the specimen fails. The strength of carbon is approximately 2.5 times higher than of alkali-resistant glass. Consequently the loads from the undulation of the yarns can rise until these loads can lead to delamination.

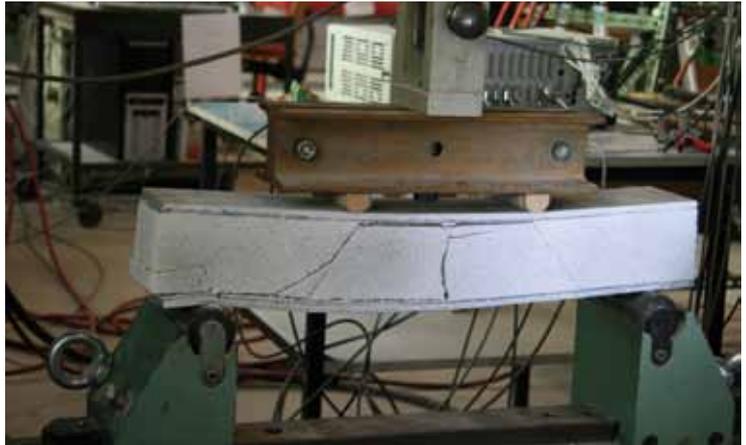
The spalling of the concrete cover is naturally not a desired behaviour of TRC. Because of the described effect the fabrication of textiles were further developed and the undulation of the yarns – and also the risk of delamination – was significantly reduced.



Die Welle im Garn
Wave in the yarn

Sandwichplatten aus Textilbeton

In diesem Projekt wird das mechanische Verhalten von Sandwich-Platten unter quasi-statischer und dynamischer Belastung experimentell untersucht und mit verschiedenen numerischen Modellen verglichen. Die 600 bzw. 1200 × 100 mm großen Sandwichelemente bestehen aus einem 80-mm-Polyurethan- bzw. Porenbeton-Schaumkern und zwei 8 mm dicken Deckschichten aus Textilbeton, die mit Epoxidharz verklebt wurden. In einer Parameterstudie wird der Einfluss von Spannweite, Schaum- bzw. Porenbeton-Dichte und Bewehrungsgehalt in den Deckschichten untersucht. Die Versuche werden mit der dreidimensionalen markerlosen Photogrammetrieanlage GOM ARAMIS 5M aufgenommen, um detaillierte Aussagen über das Trag- und Verformungsverhalten zu ermöglichen.



Versuchskörper nach Versagen im 4-Punkt-Biegeversuch

Test specimen in 4-point bending after failure

Testergebnisse

Bei den Proben mit Schaumstoffkern zeigte sich bei den statischen Belastungsversuchen eine lineare Last-Verformungsbeziehung bis zum Erstriss in der unteren Textilbetonschicht. Hierauf war eine weitere deutliche Laststeigerung bei verringerter Steifigkeit möglich, bis durch Schubrisse im Kern das Versagen eingeleitet wurde. Bei den Proben mit Porenbetonkernen traten durch den wesentlich höheren Elastizitätsmodul deutlich geringere Verformungen auf. Jedoch konnte eine Laststeigerung beim Übergang der Deckschichten in den Zustand II nicht erzielt werden, da sich zuerst ein durchgehender Schubriss im Kern ausbildet, der einen abrupten Kraftabfall zur Folge hat. Der Vergleich der Ergebnisse zeigt, dass die Biegesteifigkeit der Proben fast ausschließlich von der Schubsteifigkeit des Kernmaterials abhängt, während eine Erhöhung des Bewehrungsgehalts ein duktileres Bauteilverhalten bewirkt.

Rechenmodelle

Diese Versuchsergebnisse wurden mit klassischen Rechenmodellen zur Sandwichtheorie verglichen, die eine gute Übereinstimmung zeig-

ten. Um das Verhalten von Sandwichelementen numerisch zu modellieren, wurden zusätzlich verschiedene FE-Software-Produkte, verschiedene Materialmodelle und Netzgeometrien untersucht. Die Modellierung der Schädigungsentwicklung der Tragstruktur erfolgte mit einem kohäsiven Rissmodell. Durch Vergleiche mit den photogrammetrisch gemessenen Verformungen konnten die Modelle validiert werden.

Ausblick

Zukünftig sind dynamische Versuche in einer Fallgewichtsanlage geplant. In Abhängigkeit vom Steifigkeitsverhältnis der verschiedenen Schichten werden verschiedene plastische Effekte erwartet, wegen denen Sandwich-Strukturen hohe Aufprallenergien mit relativ geringem Eigengewicht aufnehmen können. Diese Effekte sollen näher untersucht werden.

Titel | Title

Textilbeton-Sandwichplatten unter Stoßbelastung
TRC sandwich panels under impact loading

Förderer | Funding

Institut für Massivbau, TU Dresden)

Zeitraum | Period

fortlaufend

Leiter | Project Manager

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

Bearbeiter | Contributors

Joachim Finzel M. Sc.

TRC Sandwich Panels

In this project the mechanical behaviour of sandwich slabs under quasi-static and dynamic loading is being investigated. Experimental data from three- and four-point bending tests are compared with different numerical models. The sandwich panels tested ($L = 600 \text{ mm} / 1200 \text{ mm}$, $B = 100 \text{ mm}$) consist of an 80 mm thick polyurethane foam or aerated concrete core and two 8 mm thick surface layers of textile reinforced concrete, bonded by thin layers of epoxy resin. The effect of span; density of the foam / aerated concrete and reinforcement content in the surface layers were examined in a parametric study. During the tests a 3D image correlation system was used for monitoring in order to obtain detailed information about the load-deformation behaviour.

Test Results

Foam core samples showed a linear load-deflection relationship until initial cracking of the lower TRC layer. An additional significant increase in the load is also possible, however, with a decreased stiffness level, until failure is initiated by shear cracks occurring in the core. The aerated concrete core samples behaved in a much stiffer manner due to the significantly higher modulus of elasticity of the core. However, there was no load increase after initial cracking since a continuous shear crack occurred in the core leading to an abrupt load reduction.

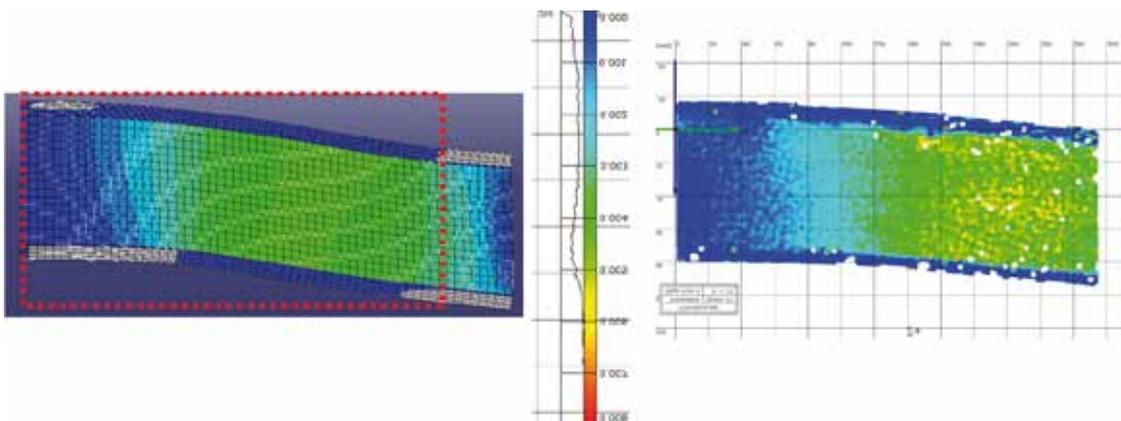
A comparison of results shows that the bending stiffness of samples was dependent almost entirely on the shear stiffness of the core material, while an increase in the percentage of reinforcement in TRC layers primarily enhances the ductility of the structure.

Computational Models

Results were compared to classical computational sandwich theory models exhibiting a good agreement. Various FE-software products, as well as various material models and network geometries, were also investigated to numerically model the behaviour of these sandwich panels. Calculation models were validated by a comparison with deformations measured by the image-correlation system. The evolution of damage in the structure is considered by a cohesive crack model.

Further Planning / Applications

Dynamic drop-weight facility experiments are planned for the future. Depending on the stiffness ratio of the different layers used, a variety of plastic effects are expected, therefore, enabling sandwich structures to absorb high impact energy in spite of their relatively low dead weight.



Vergleich zwischen FEM-Berechnungen und photogrammetrischer Messung
Comparison: FEA calculations and test data from the image correlation system

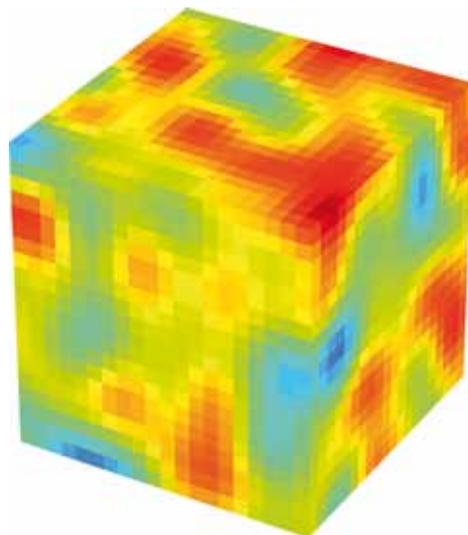
Stochastische Materialmodellierung für Textilbeton

Textilbeton ist ein Verbundwerkstoff aus einer zementösen Matrix und einer Bewehrung aus Hochleistungsfasern wie alkali-resistentem Glas oder Carbon. Um eine gute Ausnutzung der Fasereigenschaften und ein reproduzierbares Verhalten im Verbund mit der Matrix zu erreichen, wird die Bewehrung als multiaxiales Textilgelege aus Multifilamentgarnen eingebracht. Der Verbundwerkstoff weist eine ausgesprochen heterogene Struktur auf, die sowohl von der Bewehrung, aber insbesondere von der Matrix herrührt, die selbst ein Mehrphasenwerkstoff aus Zuschlag, Bindemittel, Wasser und Poren ist. Die Heterogenität bewirkt räumliche Streuungen der Materialeigenschaften, deren Berücksichtigung bei der Modellierung des Tragverhaltens des Verbundwerkstoffs von großer Bedeutung ist.

Bestehende Modellierungsansätze auf der Makro- und Mesoebene gehen zumeist von homogenen Werkstoffen aus und vernachlässigen diese räumlichen Streuungen. Damit sind statistische Erkenntnisse über das Trag- und Versagensverhalten in Abhängigkeit von streuenden Materialeigenschaften nicht möglich. Bestehende mikroskopische Modelle des Textilbetons beschränken sich auf die Betrachtung des Trag- und Versagensverhaltens einzelner Garne und Rissüberbrückungen unter Einbeziehung streuender Festigkeiten und Steifigkeiten. Dies lässt sich nicht unmittelbar auf Bauteile übertragen. Im Hinblick auf das Zugtragverhalten von Textilbeton, das durch die Bildung vieler Matrixrisse gekennzeichnet ist und u. a. wesentlich von Festigkeitsstreuungen der Matrix beeinflusst wird, besteht somit Forschungsbedarf.

Methoden und Ergebnisse

Die Grundlage der Untersuchungen bildet ein Finite-Elemente-Modell, welches aus Stabelementen zur Beschreibung des Materialverhaltens von Matrix und Bewehrung sowie Verbundelementen zur Modellierung der Interaktion besteht. Die räumlichen Streuungen der Materialeigenschaften werden mit Zufallsfeldern modelliert, die den Einfluss der Umgebung auf die lokale Größe der Materialeigenschaft berücksichtigen.



Simulierte Zugfestigkeitsverteilung in einem Betonwürfel

Simulated tensile strength distribution in a concrete cube

Im Vergleich zu einer deterministischen Materialmodellierung, bei der Materialeigenschaften mit räumlich-konstanten Werten eingehen, lässt sich das Zugtragverhalten von Textilbetonproben durch die Berücksichtigung von räumlichen Streuungen wesentlich realitätsnäher erfassen als bisher. Darüber hinaus können mit dem Modell durch Einbindung in Monte-Carlo-Verfahren statistische Aussagen über den Einfluss von streuenden Materialeigenschaften auf Merkmale des Tragverhaltens wie Traglasten oder Rissbreiten getroffen werden.

Titel | Title

Sonderforschungsbereich 528 – Teilprojekt B3: Numerische Untersuchungen zum Tragmechanismus von Filamentgarnen in einer Betonmatrix | *Numerical investigations on the load-carrying mechanism of filament yarns in a concrete matrix*

Förderer | Funding

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Zeitraum | Period

07.2008 – 06.2011

Leiter | Project Manager

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

Bearbeiter | Contributors

Dipl.-Ing. Jens Hartig

Stochastic Modelling of Textile Reinforced Concrete

Textile reinforced concrete (TRC) is a composite of a cementitious matrix and a reinforcement of high-performance fibres as, e.g., alkali-resistant glass or carbon. The reinforcement is applied as multi-axial textile of multi-filament yarns to achieve a good exploitation of fibre properties and a reproducible behaviour when embedded in the matrix. The composite has a heterogeneous structure, which results from the reinforcement and especially from the matrix, which is multi-phase material itself consisting of grains, binder, water and pores. The heterogeneity leads to spatial scatter in the material properties. For a proper modelling of the load-bearing behaviour of the composite, consideration of the scatter is important.

Existing modelling approaches on the macro and the meso scales usually assume homogeneous materials and neglect spatial scatter of material properties. Thus, statistical information about the load-bearing and failure behaviour depending on the scattering material properties cannot be obtained. Existing microscopic models are, hitherto, restricted to single yarns and crack bridges taking into account scattering strength and stiffness. The

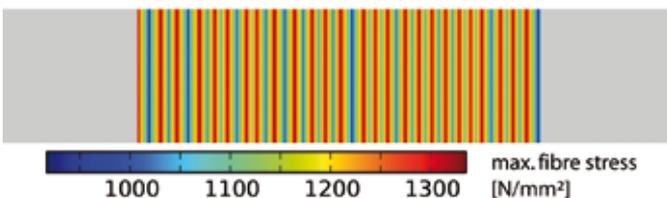
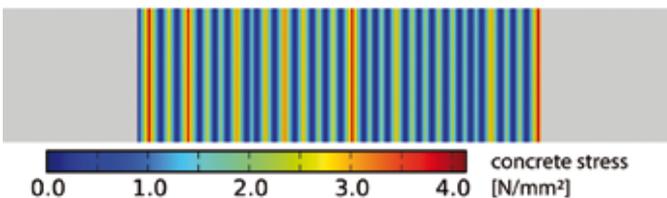
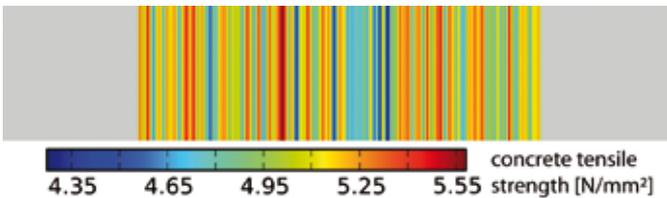
results of these investigations cannot be directly transferred to structural elements. Regarding the tensile behaviour of TRC with multiple matrix cracking, which is influenced, e.g. by scatter of matrix tensile strength, further research is needed.

Methods and results

The investigations are based on a numerical model implemented in the Finite Element Method. It consists of bar elements describing the material behaviour of matrix and reinforcement and bond elements representing their interaction. The spatial fluctuations of the material properties are modelled with random fields, which control the influence of the vicinity on the local value of a material property depending on a correlation length. With this formulation smooth spatial property fluctuations can be produced.

The global load-bearing behaviour, given e.g. as global force-deformation relation, of uniaxial tensile specimens can be simulated more realistically compared to deterministic material modelling.

By means of an incorporation of the model in a Monte Carlo type method, statistical information about the influence of scattering material properties on characteristics of the load-bearing behaviour as, e.g. ultimate loads and crack widths can be provided.



Simulierte Festigkeits- und Spannungsverteilungen in Textilbetonzugstäben

Simulated strength and stress distributions in TRC tension bars

Übergreifungsstöße in Verstärkungsschichten aus Textilbeton

Bei Verstärkungsmaßnahmen mit Textilbeton sind Übergreifungsstöße im Regelfall nicht zu vermeiden. Die Übergreifungsstöße in Textilbetonverstärkungen werden dabei aufgrund des flächigen Aufbaus der textilen Gelege sowie der lagenweisen Herstellung des Verbundwerkstoffs im Regelfall als zweilagige Stöße ausgeführt.

Zur experimentellen Untersuchung des Tragverhaltens solcher Stöße wurden Übergreifungsversuche in Anlehnung an die mittlerweile etablierten einaxialen Zugversuche – sogenannte Dehnkörperversuche – mit einem Übergreifungsstoß in Probenmitte durchgeführt.

Grundsätzlich können bei Textilbeton hinsichtlich eines Verbundversagens unterschiedliche Versagensarten auftreten. Im Bereich der Übergreifungsstöße konnten zwei verschiedene Mechanismen des Verbundversagens beobachtet werden. Zum einen kann es zu einem Versagen durch Auszug der Garne aus der Feinbetonmatrix kommen. Die zweite Variante ist ein Versagen durch Spaltrissbildung/Delamination innerhalb des Übergreifungsstoßes. Im Grenzzustand des Garnauszuges werden die Übergreifungslängen direkt durch die Größe der Verbundkräfte beeinflusst. Werden die übertragbaren Verbundkräfte

zwischen Garn und Matrix größer, z. B. durch eine Erhöhung des Beschichtungsgrades der textilen Bewehrung, führt dies zu einer kürzeren erforderlichen Übergreifungslänge.

Die Neigung zum Delaminationsversagen wird von den Querzugkräften bestimmt, die durch die Krafteinleitung und Übertragung innerhalb des Übergreifungsstoßes entstehen. Wird die Zugfestigkeit des Betons in der Ebene der textilen Bewehrung überschritten, entstehen am Beginn des Übergreifungsstoßes zunächst kleine Spaltrisse, welche mit zunehmender Last immer weiter in den Übergreifungsbereich hineinwandern und anschließend zum Versagen führen können.

Anhand der Versuchsergebnisse und der Betrachtung der Versagensmechanismen wurde ein Modell entwickelt, mit dem die erforderlichen Übergreifungslängen im Grenzzustand des Garnauszuges zutreffend prognostiziert werden können. Auch wurden umfassende analytische Untersuchungen zur Vorhersage der Delaminationsneigung durchgeführt, die ebenfalls eine gute Übereinstimmung mit den versuchstechnisch ermittelten Werten ergab. Außerdem konnten anhand der Versuche und Beobachtungen gezielt Anforderungen zur weiteren Verbesserung und

Optimierung des Textil-Matrix-Systems definiert werden, die derzeit Erfolg versprechend umgesetzt werden.



Versuchsaufbau mit photogrammetrischem Messsystem

Test setup with photogrammetric measurement

Overlap Joints in Strengthening Layers Made of TRC

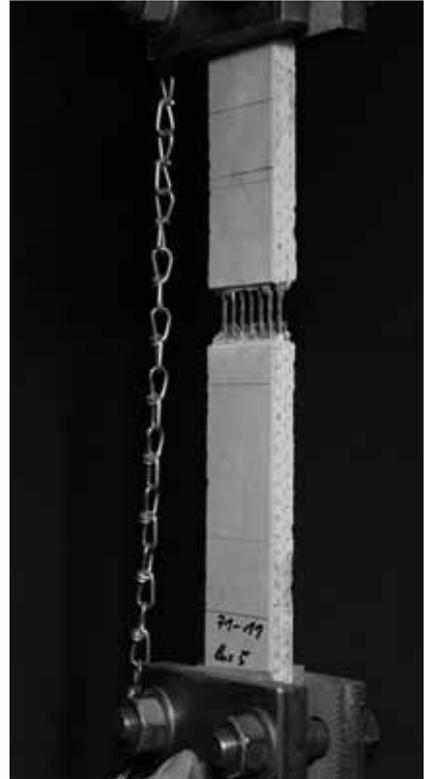
Usually, overlaps cannot be avoided when strengthening structures with textile reinforced concrete (TRC). Due to the two-dimensional structure of the textile fabrics as well as the composite being produced in layers, overlaps are normally implemented as two-ply joints

Overlap tests were carried out with one overlap at the centre of the sample to investigate the load-carrying behavior of such joints experimentally. The overlap tests followed the uniaxial tension tests (so-called strain specimen tests) which have already been well established.

Generally, a bond failure of textile reinforced concrete can occur in different ways. In connection with the overlaps, two failure mechanisms can be observed. On the one hand, failure can happen due to the threads being pulled from the fine grained concrete matrix. On the other hand, failure can also be caused by delamination/longitudinal matrix splitting within the overlap.

The overlap lengths are directly influenced by the extent of bond forces in the limit state of yarn pull-out. That means the required overlap length shortens when the transferable bond forces between yarn and matrix increase (e.g. by increasing the amount of coating to the textile reinforcement).

The probability of bond failure by delamination is determined by those lateral tensile forces which result from load introduction and transmission



Zugversuch zur Bestimmung der erforderlichen Übergreifungslänge

Tension Test for determining the required overlap length

within the overlap. Once the concrete's tensile strength has been exceeded in the TRC layer, initially small longitudinal matrix splits develop at the beginning of the overlap. Under increased load these splits travel further into the overlap area and may, subsequently, lead to failure.

Based on the test results and the observed failure mechanisms a model was developed which can be used to accurately predict the required overlap lengths in the limit state of yarn pull-out. Furthermore, extensive analytic investigations were carried out to predict the probability of delamination failure. The obtained results yielded good correspondences with the values determined in the tests. Moreover, the tests and observations were used to define new requirements for the further development and optimization of the textile-matrix-system. These changes are currently applied with promising results.

Titel | Title

Teilprojekt B5 des Sonderforschungsbereiches 528 - Grundlagen konstruktiver Bewehrungsdetails
Fundamentals of structural reinforcement detailing of textile reinforced concrete (SFB 528-B5)

Förderer | Funding

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Zeitraum | Period

07.2009 – 06.2011

Leiter | Project Manager

Dr.-Ing. Regine Ortlepp

Bearbeiter | Contributors

Enrico Lorenz M.Sc.

Verstärkung mit Textilbeton – Einfach (und) clever

In einem Produktionsgebäude wurden unplanmäßige Verformungen der Deckenkonstruktion sowie Schäden in den massiven Wandkonstruktionen im Obergeschoss beobachtet. Eine Untersuchung der betroffenen Deckenbereiche zeigte, dass vermutlich aufgrund eines Ausführungsfehlers in der unteren Lage der Deckenbewehrung etwa 4-5 cm²/m der statisch erforderlichen Biegezugbewehrung nicht eingebaut worden waren. Unter Ansatz der geltenden Normen war die Standsicherheit der Konstruktion in den betroffenen Bereichen als kritisch zu bewerten. Deshalb musste die Deckenplatte über dem Erdgeschoss verstärkt werden.

Die statisch erforderliche Verstärkung wurde basierend auf einem Sondervorschlag des Deutschen Zentrums Textilbeton der TUDAG (DZT) durch das Aufbringen einer Textilbetonschicht in der Biegezugzone realisiert. Ausgehend von einem Instandsetzungsvorschlag mit drei Lagen textiler Carbon-Bewehrung wurde die Textilbetonverstärkung mit der Büro planzwo GmbH in Zusammenarbeit mit der TUDAG/DZT geplant. Dem Institut für Massivbau der TU Dresden

oblag die Prüfung der Statik und die Anfertigung eines Gutachtens. Die beantragte Zustimmung im Einzelfall wurde zeitnah erteilt.

Die Arbeiten wurden durch die Firma TORKRET AG, die auf umfangreiche Erfahrungen in der Bauwerksinstandsetzung und -verstärkung verweisen kann, in einem Zeitraum von sieben Tagen ausgeführt. Die Fremdüberwachung der Textilbetonarbeiten erfolgte durch das Deutsche Zentrum Textilbeton. Im Nachhinein musste überprüft werden, ob die der Statik zugrunde gelegten Textilbetonkennwerte in der Praxis auch erreicht worden waren. Dazu wurden auf der Baustelle Probekörper hergestellt und im Otto-Mohr-Labor geprüft.

Mit diesem Praxisprojekt konnte gezeigt werden, dass Textilbetonverstärkung eine sehr leistungsfähige Erweiterung bereits bekannter Verstärkungsverfahren ist. Gleichzeitig wurde mit diesem Projekt bewiesen, dass sich eine Textilbetonverstärkung auch in wirtschaftlicher Hinsicht nicht nur zur Verstärkung von Sonderbauwerken eignet, sondern auch bei üblichen Stahlbetondeckenkonstruktionen vorteilhaft eingesetzt werden kann.



Mischplatz für den Feinbeton
Mixing area for the fine grain concrete

Strengthening with TRC – Simple and Clever

In an industrial building, unscheduled deformations in concrete floor slabs as well as damages to the solid wall construction on the upper floor were observed. An analysis of the affected areas of the ceiling revealed that 4-5 cm²/m of the statically required flexural tensile reinforcement had not been built into the lower layer. This suggests that a mistake during the construction process caused these damages. According to standards, the construction's stability had to be evaluated as precarious. Consequently, the floor slab above the ground floor had to be strengthened.



Aufbringen der Textilbetonverstärkung
Application of textile reinforced concrete

The method which was finally used to implement the statically required reinforcement was based on a special proposition made by the Deutsches Zentrum Textilbeton (DZT) of TUDAG which suggested applying a textile reinforced concrete layer to the flexural tensile zone. Based on the suggestion to restore the building by means of three layers of textile carbon reinforcement, the textile reinforced concrete strengthening was planned

by planzwo GmbH in cooperation with TUDAG/DZT. The Institute of Concrete Structures from TU Dresden was responsible for checking the statics and the preparation of an expert opinion. The requested approval for this specific case was given within a narrow timeframe.

transverThis practice-related project serves to show that strengthening with textile reinforced concrete is a very efficient extension of earlier strengthening methods. At the same time, the project proved that TRC reinforcements are economically not only relevant for the strengthening of special structures. On the contrary, they can also be used advantageously for the reinforcement of common reinforced concrete slabs.

Titel | Title

Praxisprojekt – Verstärkung der Deckenkonstruktion eines Produktionsgebäudes mit Textilbeton | *Practical application – Strengthening of a reinforced concrete slab in a manufactory building*

Förderer | Funding

TORKRET Substanzbau AG

Zeitraum | Period

07.2010 – 10.2010

Leiter | Project Manager

Prof. Dr.-Ing. Manfred Curbach

Bearbeiter | Contributors

Dr.-Ing. Silvio Weiland (TUDAG - Deutsches Zentrum Textilbeton), Enrico Lorenz M.Sc. (TU Dresden), Frank Schladitz M.Sc. (TU Dresden)

Leichtbauelemente für Brand- und Schallschutz

Der textilbewehrte Beton hat sich schon in vielen Bereichen als innovativer Baustoff bewährt. In diesem Projekt sollen seine Formbarkeit und Leichtigkeit genutzt werden, um organisch gekrümmte Fertigteilelemente zu entwickeln, die als Wand- bzw. Deckenbekleidung montiert, nicht nur zur Raumgestaltung beitragen. Im Verbund mit einer zweiten Funktionsschicht aus haufwerksporigem Leichtbeton sollen die Fertigteilelemente auch die Raumakustik (Schalldämpfung) sowie den bautechnischen Brandschutz tragender Konstruktionsteile verbessern.

Die gute Schallabsorption sowie die wärmedämmende Wirkung des haufwerksporigen Leichtbetons können auf das offene Gefüge der Zuschläge zurückgeführt werden. Im Unterschied zu Beton mit geschlossenem Gefüge fehlen in der Sieblinie des haufwerksporigen Betons die Feinkornanteile. Die Zuschlagkörner sind nur punktuell mit Zementleim verklebt, so dass kleine Hohlräume verbleiben.

Die Trockenrohdichte des haufwerksporigen Betons kann durch die Verwendung verschiedener Leichtzuschläge variiert werden. Das Gewicht ist aber nicht das einzige Kriterium bei der Auswahl der Betonrezepturen. Anhand von Impedanzmessungen und Kleinbrandversuchen werden verschiedene Rezepturen aus Blähglas, Blähton und

Blähschiefer bezüglich ihrer Schall- und Wärmedämmeigenschaften ausgewertet.

Für den Entwurf der Fertigteilelemente waren die sinnvolle statische Nutzung des Materialverbundes sowie eine hohe Wärmedämmung bei gleichzeitig minimalem Eigengewicht ausschlaggebend. Durch S-förmig gekrümmte Fertigteile entstehen bei der Montage der Unterdecke abgeschlossene Luftkammern, die als schlechter Wärmeleiter den Dämmwert der Decke erhöhen sollen. Der haufwerksporige Leichtbeton muss die Tragfähigkeit der Textilbetonschicht erhalten, während für die Einstufung der Brandwiderstandsdauer der Temperaturanstieg auf der Oberseite der Unterdecke maßgebend ist. Die Wirksamkeit der Fertigteile und Stoßfugen soll durch Brandversuche geprüft werden.

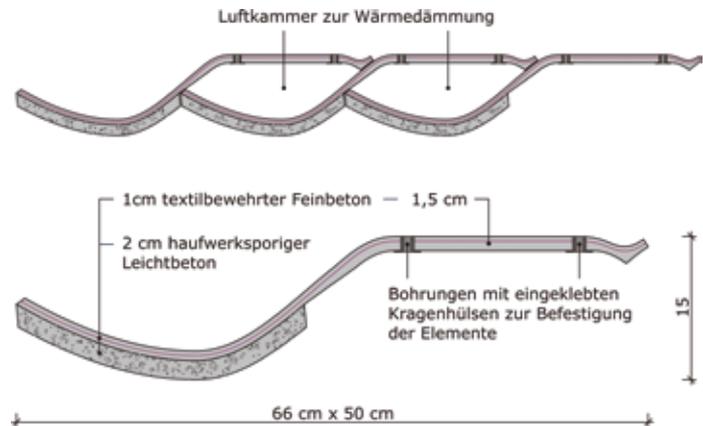
Gegenstand der laufenden Forschung ist die herstellungstechnische Umsetzung der Elemente. Die einzelnen Schichten sollen ohne zusätzliche Verbundmittel frisch-in-frisch betoniert werden. Auftretende Schwindverformungen können den Verbund sowie die Maßhaltigkeit der Elemente beeinträchtigen. Die Reihenfolge der Betonage wird durch den haufwerksporigen Leichtbeton bestimmt. Dieser muss zuletzt in die Schalung eingebracht werden, um Ansammlungen von Zementleim an den Sichtflächen der Fertigteile zu vermeiden.



Oberflächen
haufwerksporiger Leichtbetone
*Surfaces of
lightweight aggregate concrete
with open structure*

Lightweight Construction Elements for Fire- and Noise Protection

Textile reinforced concrete is an innovative building material for many fields of application. In this project the formability and low weight of the textile reinforced concrete shall be used to develop prefabricated elements as coverings for walls or ceilings. These organically formed elements are suitable not only for the interior design. As a material compound with a second functional layer made of lightweight aggregate concrete with open structure the elements also improve the room acoustics as well as the structural fire protection.



Entwurf der Fertigteile

Design of the prefabricated elements

The good sound absorption and thermal insulation of this lightweight concrete can be explained by the open grain structure of the aggregates. The fine-grained fractions of a standard concrete are missing at the grading curve of this special kind of lightweight aggregate concrete. The aggregates are connected only at the contact sites of the aggregates by cement paste so that small cavities remain.

The dry density of the concrete can be varied by the use of different lightweight aggregates. However, the weight is not the only criterion for the choice of the concrete. Different mixtures made of expanded glass granulates, expanded clay and

aerated slate are evaluated by measuring of the impedance (that means the degree of sound absorption) and by standard fire tests regarding their absorption and thermal properties.

The design of the elements is dictated by the static use of the material bond as well as a high insulation while simultaneously keeping a minimal dead weight. Prefabricated elements with an S-shaped longitudinal section form air cells in the case of installation which shall increase the isolation of the ceiling by their bad heat conduction. The lightweight concrete must ensure the load carrying capacity of the textile concrete layer while the fire resistance class is classified by the increase of the temperatures on the top side of the suspended ceiling. The effectiveness of the elements and joints will be checked in fire tests.

The subject of current research is the technological production of the elements. The material compound shall be concreted wet in wet without any dowelled connection. Shrinkage deformation can impair the bond as well as the dimensional accuracy of the elements. The order of the concreting is determined by the lightweight aggregate concrete with open structure. The lightweight concrete must be introduced last into the framework in order to avoid collections of cement paste at the exposed concrete surfaces of the finished elements.

Titel | Title

Räumlich geformte, hitzebeständige sowie schalldämmende Leichtbauelemente aus textilbewehrten mineralischen Baustoffen (Multiaxiale Baustoffverbunde | Spatially shaped, heat-resistant as well as sound absorbing lightweight components made of textile reinforced mineral building materials (multi-axial building-material compounds)

Förderer | Funding

AiF-Forschungsvereinigung (FV)

Zeitraum | Period

09.2009 – 02.2012

Leiter | Project Manager

Dipl.-Ing. Anett Brückner, Dr.-Ing. Jan Hausding

Bearbeiter | Contributors

Dipl.-Ing. Anett Brückner, Dipl.-Ing. Thomas Engler, Dr.-Ing. Marko Butler

Stützenverstärkung mit Textilbeton

Untersuchungen an Stützenköpfen unterschiedlicher Geometrie haben gezeigt, dass mit textilbewehrtem Beton (TRC) eine beachtliche Verstärkungswirkung erzielt werden kann. Die Tragfähigkeitserhöhung beruht zu einem Teil auf dem zusätzlichen Betonmantel. Zum anderen wird sie aber entscheidend durch die Umschnürungswirkung der textilen Bewehrung bewirkt, was insbesondere im Lasteinleitungsbereich von Stützen von großer Bedeutung ist. Die Umschnürung erzeugt einen dreiaxialen Spannungszustand im Betonkern und sorgt damit für eine Traglastserhöhung der gesamten Stütze.

Die Gültigkeit des neu entwickelten Rechenmodells sollte nun in Großversuchen überprüft werden, da es anhand kleinteiliger Tests entwickelt worden war. Die Vorhersagegenauigkeit wurde anhand von drei Stahlbetonstützen mit rundem Querschnitt experimentell untersucht. Die Stützen waren 2 m hoch und hatten einem Durchmesser von 30 cm. Eine Stütze blieb unverstärkt und diente als Referenz. Zwei weitere Stützen wurden über die gesamte Höhe mit 5lagig bewehrtem TRC verstärkt, wobei eine der beiden Stützen am Stützenkopf und am Stützenfuß noch zusätzlich verstärkt wurde.

Die Tragfähigkeit der mit Textilbeton verstärkten Stützen nahm im Vergleich zur Referenzstütze um fast 100 % zu. Diese Versuche haben außerdem

bewiesen, dass die erreichten Traglasten mit dem entwickelten Umschnürungsmodell sehr gut vorhergesagt worden sind. Vom Normalkraftanteil des Feinbetons ist im Wesentlichen die erzielbare Traglaststeigerung bis zum Versagen des Stützenkerns abhängig. Nach diesem Kernversagen kommt es vermutlich infolge der zunehmenden Querdehnungen zur Ausbildung eines Reibverbundes zwischen Feinbetonschicht und Kernbeton. Somit wird der umschnürte Teil der Feinbetonhülle erneut aktiviert und es können weitere Längskräfte über die textile Verstärkungsschicht abgetragen werden. Dieser Mechanismus trägt zusätzlich zur Umschnürung des Kernbetons zur Traglaststeigerung bei.

Neben einer Steigerung der Tragfähigkeit ergab sich durch die textilbewehrte Verstärkung aber auch eine deutliche Verbesserung des Vorankündigungsverhaltens. Im Laufe der Laststeigerung bildeten sich zunächst feine und später deutlich sichtbare, gleichmäßige Risse. Im weiteren Verlauf der Lasterhöhung wurde die Annäherung an die Bruchlast durch Abplatzungen der Betondeckung unmittelbar sichtbar. Insgesamt wurde eine große Duktilität der verstärkten Stützen erreicht.



Versuche an unverstärkten und verstärkten Stützen
Tests at un-reinforced and reinforced columns

Column Strengthening with TRC

Research on differently shaped column heads has shown the considerable strengthening effect of textile reinforced concrete (TRC). Now we aim to verify the validation of the developed calculation models in large scale tests.

On the one hand the increase of the load-bearing capacity is partly based on the additional concrete covering. On the other hand the confining effect of the textile reinforcement is also essential especially within the load introduction area of beams. The confinement results in a tri-axial state of stress in the concrete core and thus augments the ultimate load of the whole column. With a new developed calculation model we could predict the increase of the ultimate load of short strengthened columns. How accurate the predictions of the model for reinforced large scale columns were was examined by large scale testings at three reinforced concrete columns with round cross sections. They were 2 m high and each had a diameter of 300 mm. One column stayed un-strengthened and served as a reference. Two more were strengthened with 5 layers of TRC over their whole length while one of them received 2 more layers of reinforcement at its head and base.



Verformungsmessung am Stützenkopf
Deformation measurement at the prop head

The bearing capacity of the TRC strengthened columns was nearly twice as high as the reference's. The achieved ultimate loads had been predicted very well by the developed confinement model. The normal force part of the fine-grained concrete mainly affects the reachable ultimate load raise until the failure of the column core. After this failure it probably comes to the creation of a frictional bond between fine-grained concrete layer and the core concrete due to the augmenting lateral strain. Thus the tied up part of the fine-grained concrete covering is being activated again and more longitudinal forces can be carried off through the TRC layer. This mechanism further contributes to the confinement of the core concrete to the load bearing raise.

Besides an increase of the ultimate load the textile reinforcement also led to a considerably improved prior warning behaviour. During the load increase fine and later well visible and, homogeneously distributed cracks occurred. Approaching the ultimate load the concrete cover predicted this by flaking. All in all we have reached a high ductility of the reinforced columns.

Titel | Title

Verstärkung von Normalkraft- und torsionsbeanspruchten Bauteilen mit textillbewehrtem Beton | Strengthening of normal and torsion force exposed members with textile reinforced concrete

Förderer | Funding

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Zeitraum | Period

07.2005 – 06.2011

Leiter | Project Manager

Prof. Dr.-Ing. Manfred Curbach

Bearbeiter | Contributors

Dr.-Ing. Regine Ortlepp, Frank Schladitz M.Sc.

Feuer und Flamme für Textilbeton

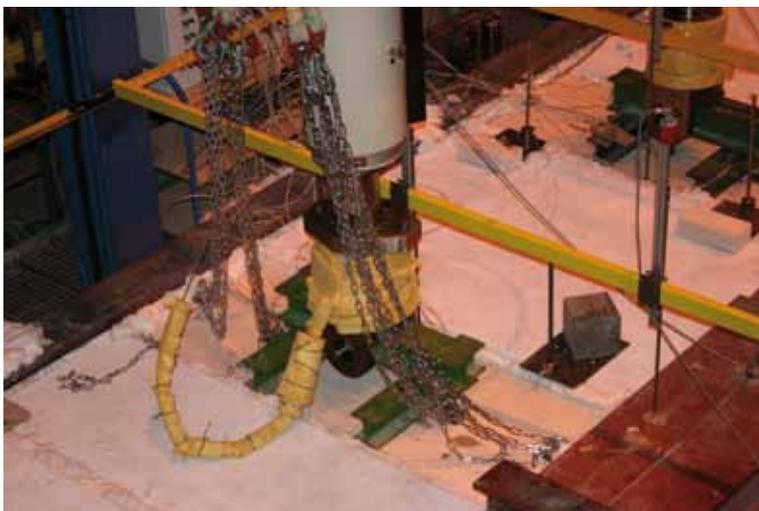
Von hohem Interesse für eine breite praktische Anwendung des neuen Verstärkungsverfahrens „Textilbewehrter Beton“ sind Aussagen zum Verhalten der verstärkten Konstruktion im Brandfall, besonders hinsichtlich einer Heißbemessung nach Eurocode 2.

Um Aussagen über die Eigenschaften von textilbewehrtem Beton im Hochtemperaturbereich treffen zu können, wurden verschiedene experimentelle Untersuchungen an Textilbetonbauteilen und an Textilien durchgeführt. Versuche an verstärkten Stahlbetonplatten unter Biegung und einseitiger Beflammung dienten der Ermittlung von Temperaturprofilen, Verformungen und Tragfähigkeiten. Dehnkörperversuche bei Probekörpertemperaturen bis 600 °C ergaben Spannungs-Dehnungs-Linien sowie Informationen über die verschiedenen Dehnungsanteile. Pull-Out-Tests unter Temperaturbelastung zeigten die Auswirkungen auf den Verbund zwischen Filamentgarn und Feinbetonmatrix und gaben somit Aufschlüsse über erforderliche Verankerungs- und Übergreifungslängen der textilen Bewehrung. Durch thermogravimetrische Analysen der textilen Bewehrung unter verschiedenen atmosphärischen Bedingungen wurden zudem Erkenntnisse über den Masseverlust im Hochtemperaturbereich gewonnen.

All diese Versuche lieferten Informationen über den Einfluss einer Erwärmung auf das Tragverhalten der textilen Verstärkungsschicht in Abhängig-

keit der Heizrate sowie der statischen Belastung. Diese Erkenntnisse können bei der Heißbemessung von verstärkten Bauteilen berücksichtigt werden, da nun die Interaktion zwischen Stahlbewehrung und textiler Carbonfaserbewehrung während eines Brandes besser verstanden wird.

Es konnte gezeigt werden, dass das Brandverhalten von mit Textilbeton verstärkten Stahlbetonbauteilen einerseits von der temperaturabhängigen Kraftumlagerung von der Stahlbewehrung auf die textile Bewehrung abhängt. Weiterhin spielen das Temperaturverhalten der Beschichtung der Textilien und die Konzentration des für die Oxidation des Carbons benötigten Sauerstoffes eine Rolle, die bei ca. 500 °C einsetzt und einen festigkeitsmindernden Querschnittsverlust bewirkt.



Einseitige Beflammung einer verstärkten Stahlbetonplatte unter Biegebelastung

One-sided fire load of a strengthened RC slab under bending

And it Burns, Burns, Burns

For wide practical use of the innovative strengthening method "textile reinforced concrete" (TRC) information on behaviour of strengthened constructions under fire conditions, especially in consideration of hot measurement according to Eurocode 2, are of high interest.

Different experimental tests on textile concrete components and fabrics were conducted to obtain information on characteristics of textile reinforced concrete under high temperatures. Tests on strengthened reinforced concrete slabs under bending and partial flame impingement conducted to determine temperature profiles, deformations and bearing load capacities. From strain specimen tests at specimen temperatures up to 600 °C we got stress-strain curves and details about the different strain portions. Pull-Out tests under temperature load showed the effect on bond between filament yarn and fine concrete matrix and thus gave information about necessary anchoring and overlap length. Using thermal gravimetric analyses of textile reinforcement under different atmospheric conditions findings regarding loss of weight at the high temperature range could be attained.

All of these tests provided information about the influence of heating on the load bearing behaviour of the TRC layer in dependence on heating rate as well as static load. These results can be accounted for hot measurement of strengthened components, as now the interaction between steel reinforcement and textile carbon fiber reinforcement during fire is understood better.

Titel | Title

Hochtemperaturverhalten von Textilbeton, Teilprojekt im Rahmen des SFB 528 | *Failure mechanism of textile reinforced concrete under fire loading*

Förderer | Funding

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Zeitraum | Period

07.2008 – 06.2011

Leiter | Project Manager

Prof. Dr.-Ing. Manfred Curbach,
Prof. Dr.-Ing. Chokri Cherif (Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik ITM der TU Dresden)

Bearbeiter | Contributors

Dipl.-Ing. (FH) Daniel Ehlig,
Dipl.-Ing. Ayham Younes (ITM)

It could be demonstrated that the behaviour of reinforced concrete components strengthened with textile concrete under fire conditions is dependent on temperature-sensitive force redistribution from steel reinforcement to textile reinforcement. Furthermore the temperature behaviour of coating of the textiles and concentration of oxygen are relevant, because carbon oxidation starts at approx. 500 °C and causes a strength reducing loss of the cross-section.



Textilauszugsversuche
unter Temperaturbelastung
Textile pull-out tests under temperature load

Dünne Betondecken auf langen Brücken

In einem von der Bundesanstalt für Straßenbau BASt finanzierten Forschungsprojekt wurde ein Brückenbelagsystem aus einer ca. 8 cm dünnen fugenlosen Betondecke auf einer Dichtungsschicht aus Flüssigkunststoff gemäß ZTV-ING untersucht. Die Betonplatte soll eine hohe Standfestigkeit gewährleisten, die Flüssigkunststoffdichtungsschicht die sichere Abdichtung der darunter liegenden Brückenkonstruktion. Diese wirtschaftliche Betonbauweise würde eine dauerhafte Sanierung bestehender Asphalt-Brückenbeläge ohne eine Steigerung des Eigengewichts ermöglichen. Reserven für Verkehrslasterhöhungen bei der Sanierung wären ebenso vorhanden wie bei herkömmlichen Fahrbahnaufbauten.

Großversuch

Zuerst wurden die Materialparameter an einer Referenzdichtungsschicht untersucht und das Verhalten des Systems mit FEM simuliert. Auf diesen Erkenntnissen aufbauend wurde ein Großversuch an einem 13,5 m langen Träger durchgeführt, um das Materialverhalten in einem wirklichkeitsgetreuen Maßstab verifizieren zu können. Der Fokus lag vor allem auf den Eigenschaften der Dichtungsschicht, die von Belastungszeit und -geschwindigkeit abhängen, z. B. die Relaxation.

Bei einem realen Brückenbauwerk werden die größten Beanspruchungen in der Dichtungsschicht durch die wechselnden Temperaturen erzeugt. Deshalb sollten im Versuch möglichst große Verschiebungen zwischen Aufbetondecke und Träger erzielt werden, um diesen Lastfall zu simulieren. Daher wurde der Träger im Vergleich zur Baupraxis sehr biegeweich ausgelegt. Die Belastung erfolgte einmal im Feld und einmal auf dem Kragarm. Außer den Kräften wurden die Verformungen und die Rissbildung beobachtet.

Fazit

Mit dem durchgeführten Großversuch wurde nachgewiesen, dass die in der Realität erwarteten Beanspruchungen des Brückenbelagssystems schadlos aufgenommen werden können. Außerdem war es möglich, mit der Simulation die tatsächlich auftretenden Beanspruchungen vorherzusagen. Damit können nun Eignungsnachweise für verschiedene Materialkombinationen



Großversuch an einem Träger mit Flüssigkunststoffdichtungsschicht, Belastung in Feldmitte

Large-scale test of a beam with polyurethane membrane, loading in midspan

aus Flüssigkunststoffdichtungsschicht und unterschiedlichen Haftbrücken im kleinmaßstäblichen Versuch erbracht werden. Somit können in einfacher Art und Weise geeignete Materialverbünde für spezielle Anforderungen spezifiziert und die Konstruktion entsprechend ausgelegt werden.

Die am Referenzsystem (kleinmaßstäbliche Versuche) und im Großversuch gewonnenen Daten lassen den Einsatz derartiger Systeme günstig und praktikabel erscheinen.

Titel | Title

Dünne Betondecken auf Brücken mit Übergangskonstruktionen | *Thin concrete ceilings on long bridges*

Förderer | Funding

Bundesanstalt für Straßenbau BASt

Zeitraum | Period

01.2007 – 12.2010

Leiter | Project Manager

Prof. Dr.-Ing. Manfred Curbach

Bearbeiter | Contributors

Dr.-Ing. Harald Michler

Thin Concrete Ceilings on Long Bridges

An 8 cm thin concrete-based overlay for road bridges has been being designed, analyzed and tested for use as top layer of bridge coatings according to the German governmental regulations, ZTV-ING. This concrete surface layer is attached to a polyurethane membrane. The concrete slab is to ensure a high stability to traffic. The liquid plastic sealing layer will give the reliable sealing of the underlying bridge structure. This new system is designed to be used to replace existing asphalt bridge coatings and to construct new bridges with a minimum of additional mass added to the dead load of the bridge structure. It should be a cost efficient solution and can improve bridge overlay sustainability needed to handle ever-growing traffic loads while simultaneously minimizing any increase to the bridge's dead load.

Large-scale experiment

First tests are done, conducted on laboratory scale specimens to investigate relevant parameters:

- temperature effects (-40 °C to +50 °C);
- loading rate (0.25 mm/sec to 0.003 mm/sec);
- relaxation;
- load-cycles (up to 100);
- shear load capacity and
- diathermancy.

With that it was possible to do extensive FEM simulations to evaluate the behaviour of the construction in a second step.

At the third step there are done large-scale tests. These tests are based on the former research and will expand it. The main task is to verify the FEM simulation in a practical experience. A 13.5 m long beam, shaped like a cross section of a bridge deck, was made. This construction was tested by bending. A high amount of bending deformation was needed – much more deformation considered to practice – to stress the construction to a significant step. The focus lay primarily on the properties of the polyurethane membrane which depend on the loading time and rate, e. g., relaxation.

Result

With the large-scale experiment carried out it was shown, that the construction is able to carry all loads occurring in practice. In addition, it was possible to predict the strain of the construction with the FEM simulation. Now, when using the model, it is possible to predict the behaviour of different material combinations on the basis of small scaled experiments. Suitable material compounds can therefore be specified for special requirements and the construction interpreted correspondingly in a simple way.

These data won at the reference system (small scaled tests) and in the large-scale experiment shows the ability (qualification) and the scope of this bridge-deck design. This newly developed thin concrete overlay system has the potential for practical applications in the reconstruction and new construction of road bridge structures.



Träger mit Flüssigkunststoffdichtschicht
bei Belastung auf dem Kragarm

Beam with polyurethane membrane,
loading at cantilever end

Carbon-Bewehrung für wasserundurchlässigen Normalbeton

Im Rahmen einer durch die AiF geförderten Industriekooperation wird die Eignung von Textilbeton zur Erzielung von wasserundurchlässigen Betonkonstruktionen untersucht. Bei üblichen Betonbauteilen wird eine 4 bis 5 cm starke Betondeckung über dem Bewehrungsstahl angeordnet. Damit existiert aber auch ein ebenso starker unbewehrter Betonbereich. Bei Biegung tritt die maximale Beanspruchung immer am äußeren Rand auf, also in diesem unbewehrten Bereich. Mit Entstehung eines Risses wird die gesamte in diesem Bereich gespeicherte Energie frei und muss von der tief liegenden Betonstahlbewehrung aufgenommen werden. So können verhältnismäßig breite Risse entstehen. Durch das Anordnen einer oberflächennahen Carbon-Bewehrung in dem bisher unbewehrten Betonbereich ist zu erwarten, dass die Rissbreiten wesentlich verkleinert werden können. Damit sollte die Wasserundurchlässigkeit einer solchen Betonkonstruktion deutlich verbessert werden.

Ein weiterer Effekt ist, dass der Beton infolge der kleineren Rissbreiten auch dichter gegenüber anderen Einflüssen ist. Damit könnte die Betondeckung über der Betonstahlbewehrung reduziert und dennoch die gleiche Schutzwirkung für die Bewehrung erreicht werden.

Bearbeitung

Neu an dem Verfahren ist, dass textile Strukturen in einen Normalbeton mit üblichem Größtkorn von 32 bis 64 mm eingebaut werden. Bisher wird zur optimalen Interaktion zwischen Faser und Matrix i. d. R. ein spezieller Feinbeton eingesetzt. In diesem Forschungsvorhaben wird untersucht, welche Carbon-Strukturen eine optimale Verbindung mit dem Normalbeton eingehen und welche Steigerungen der Dichtheit möglich sind.

Die textile Bewehrung wurde mit einem speziellen Verfahren der Firma Quinting Zementol GmbH mit ausreichender Betondeckung und sicherem Verbund eingebracht. Außer der Ermittlung der Kennwerte der Carbon-Textilien wurden 4-Punkt-Biegeversuche durchgeführt, wobei die Rissentstehung und Rissbreitenentwicklung mit einem speziell angepassten 2D-Photogrammetriesystem kontinuierlich beobachtet wurden.

Ergebnisse

Bei den ersten im Labor hergestellten Balken konnte die textile Carbonbewehrung in der erforderlichen Tiefe eingebaut werden. Im 4-Punkt-Biegeversuch zeigte sich deutlich ein positiver

Einfluss der textilen Bewehrung auf das Rissbild. Ein Einbauversuch auf einer Großbaustelle war ebenfalls erfolgreich.



Angepasste
2D-Photogrammetrie-
anlage
*Adapted
Reinforcement
2D photogrammetry
system*

Carbon Reinforcement for Water Impermeable Normal Concrete

The project is an industry cooperation promoted by the AiF. The qualification of an additional textile reinforcement layer is examined to get a more or better water impermeable concrete construction. To do this, a carbon textile is put into the 4 to 5 cm strong concrete cover that normally protects the steel reinforcement. This is an additional reinforcement layer in the concrete cover that will be laying very close to the surface. It can be assumed that this reinforcement, close to the surface, will take a lot of the cracking energy, not only due to bending. So the crack width will be reduced significantly and it will help to get a more water impermeable concrete.



Einarbeiten der textilen Carbonbewehrung
Assembling the textile Carbon reinforcement

It is another effect that the so done more compact concrete material in the concrete cover will probably allow to reduce the thickness of this concrete cover by getting the same protection effect to the steel reinforcement.

Processing

The procedure of installation is nearly the same as working with normal concrete with maximal

aggregate 32 to 64 mm. The textile carbon reinforcement is put onto the surface and worked in 5 to 7 mm. There is no special matrix to get an optimal interaction between the filament of the carbon reinforcement and the concrete matrix, like used in TRC.

The working in of the textile reinforcement is done by a special procedure of the company, Quinting Zementol GmbH. A light modified normal concrete is used, but this modification is done at the building side. Currently the qualification and performance of the construction is tested by 4 point bend tests. A special 2D photogrammetry system was developed to monitor the cracking process.

Results

The textile carbon reinforcement can be installed in the required depth in laboratory and at field work. In the 4 point bend test a positive influence of the textile reinforcement is clearly shown. Installation tests on a building site also have been done successfully.

Titel | Title

Kennwertermittlung von Textilbeton bei Anwendung an wasserundurchlässigen Betonkonstruktionen | Carbon reinforcement for water impermeable normal concrete

Förderer | Funding

Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e. V. (AiF) (Förderkennzeichen KF2505601SU9)

Zeitraum | Period

03.2010 – 10.2011

Leiter | Project Manager

Dr.-Ing. Frank Jesse

Bearbeiter | Contributors

Dr.-Ing. Harald Michler

Stahl- und Spannbeton unter Querzug

Stahl- und Spannbetonbauteile sind in den meisten Fällen Bestandteile räumlicher Tragstrukturen, welche häufig einer mehraxialen Beanspruchung ausgesetzt sind.

Im Falle eines Spannbetoncontainments kann eine Innendruckerhöhung infolge eines Störfalls zu einer zweiaxialen Zugbeanspruchung der Tragstruktur führen. Für eine realitätsnahe Leckratenberechnung sind präzise Kenntnisse über den Rissbildungsprozess und die Rissentwicklung notwendig. Der Fall der einaxialen Beanspruchung ist recht gut erforscht. Es ist aber zu erwarten, dass eine quer zur Hauptbelastungsrichtung wirkende Zugspannung das Verbundverhalten zwischen Beton, Betonstahl und Spannstahl beeinflusst. Daraus folgend ergeben sich im Vergleich zum einaxialen Fall ebenfalls Abweichungen im Rissbildungsprozess und im Verformungsverhalten zweiaxial beanspruchter Bauteile.

In der ersten Projektphase wurde bereits an kleinteiligen Versuchen das Verbundverhalten von Betonstahl unter Querzug sowie das zweiaxiale Zugtragverhalten unbewehrter Betonscheiben er-

mittelt. In der zweiten Projektphase sollte anhand von großformatigen Versuchen das Tragverhalten von Spannbetonbauteilen unter zweiaxialer Zugbeanspruchung experimentell untersucht werden. Dafür wurden Scheiben mit realitätsnahen Bauteilabmessungen von $3,0 \times 1,1 \times 0,25$ m und einer Bewehrung aus Betonstahl und Spannstahl mit nachträglichem Verbund im zweiaxialen Zugversuch geprüft.

Das globale und lokale Verformungsverhalten der Prüfkörper wurde mittels umfangreicher Messtechnik aufgezeichnet. So wurden u. a. Dehnungen in den verschiedenen Bauteilebenen – auf der Betonoberfläche, dem Betonstahl und auf den Spannstahlitzen – gemessen. Zusätzlich wurden die Verformungen der Betonoberfläche, die Rissbreiten und die Rissabstände über ein $1,0 \times 1,0$ m großes Messfeld mittels digitaler Nahbereichsphotogrammetrie erfasst.

Ziel des Projektes ist es, die anhand der Klein- und Großversuche ermittelten Materialparameter für eine realitätsnahe FE-Simulation des Verformungs- und Leckageverhaltens eines Spannbetoncontainments zur Verfügung zu stellen.



Versuchsstand
Test setup

Reinforced and Prestressed cConcrete under Transverse Tension

In most cases, reinforced and prestressed concrete elements are part of three-dimensional structures, which are often exposed to multiaxial loads.

In case of prestressed concrete containments, an increase of internal pressure during hazardous incidents can lead to biaxial tensile loading of the structure. For realistic leak rate calculations, precise knowledge about the cracking process and crack development is necessary. The case of uniaxial loading is well investigated. However, it is expected that a tensile stress, acting transversely to the main loading direction, influences the bond behaviour between concrete, reinforcing steel and prestressing steel. Consequently, differences in the cracking process and the deformation behaviour for biaxial loaded structural elements occur compared to the uniaxial case.



Messtechnik
Instrumentation

Within the initial phase of the research project we already investigated the bond behaviour of reinforcing steel under transverse tension as well as the biaxial tensile strength of plain concrete plates by means of laboratory tests. The second phase of the project focused on investigating

the load-deformation-behaviour of prestressed concrete elements under biaxial tensile loads. This was realised by full-size tests. Reinforced concrete panels with realistic structural element dimensions of $3.0 \times 1.1 \times 0.25$ m with embedded post-tensioned tendons have been tested under biaxial tensile loading. The global and local deformation behaviour of the specimen has been recorded with extensive measuring techniques. Thus, strains of the different structural element levels - the concrete surface, the reinforcing steel and the prestressing strands - could be measured. The deformations of the concrete surface, the crack widths and spacing within a measuring area of 1.0×1.0 m have also been recorded using digital close-range photogrammetry.

The aim of the research project is to provide material parameters, which have been determined from the laboratory and full-size tests, for realistic FE-simulations of the deformation and the leakage behaviour of a prestressed concrete containment.

Titel | Title

Der Einfluss von Querkzug auf die Rissbildung und den Verbund zwischen Beton und Bewehrung in Stahlbeton- und Spannbetoncontainments | *The influence of transverse tension on cracking and bond between concrete and reinforcement in reinforced and pre-stressed concrete containments*

Förderer | Funding

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi); Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH als Projektträger des BMWi

Zeitraum | Period

04.2007 – 12.2010

Leiter | Project Manager

Prof. Dr.-Ing. Manfred Curbach

Bearbeiter | Contributors

Dipl.-Ing. Steffen Schröder, Dipl.-Ing. Laura Lemnitzer

Beton unter mehraxialer Zugbelastung

Stahlbetonbauteile können sowohl unter regulären Betriebs- und Gebrauchszuständen als auch bei außergewöhnlichen Beanspruchungen eine mehraxiale Zugbeanspruchung erfahren. Einaxiale Spannungszustände in Bauteilen können mit relativ klar definierten Materialeigenschaften beschrieben werden. Bei mehraxialen Spannungszuständen sind hingegen genauere Kenntnisse über die oft veränderten Materialeigenschaften erforderlich. Solche veränderlichen Materialeigenschaften beeinflussen wiederum das Zusammenwirken von Beton und Bewehrung (Betonstahl und/oder Spannstahl).

Auf solchen Überlegungen aufbauend, sind in der Vergangenheit Untersuchungen zur mehraxialen Festigkeit von Beton durchgeführt worden. Wird der Beton einer gleichzeitigen Druckbeanspruchung aus zwei oder drei Richtungen ausgesetzt, so steigt seine Bruchfestigkeit gegenüber dem einaxialen Fall i. d. R. an. Diese Festigkeitserhöhung darf lt. DIN 1045 auch in Ansatz gebracht werden, z. B. bei der Teilflächenbelastung oder

bei der Anwendung von Stabwerkmodellen (Druckknoten). Die bekannten Aussagen zum Bruchverhalten von Beton unter mehraxialer Zugbelastung sind hingegen weniger eindeutig und reichen von einer Zunahme der Zugfestigkeit über das Gleichbleiben bis zur Abnahme der Bruchfestigkeit gegenüber der einaxialen Zugfestigkeit. Zumeist wird die Zugfestigkeit von Beton bei der Tragfähigkeitsbemessung nicht angesetzt. Bei der Auslegung von Verankerungslängen oder bei den Nachweisen im Gebrauchszustand kann sie jedoch nicht vernachlässigt werden. So wird z. B. bei der Bestimmung der Rissbreite mit der wirksamen Zugfestigkeit des Betons zum betrachteten Zeitpunkt gerechnet. Wie verhält sich jedoch Beton unter mehraxialer Zugbeanspruchung? Eine normative Regelung zu dieser Fragestellung existiert derzeit nicht.

Am Institut für Massivbau der TU Dresden wurden deshalb Versuche zur Bestimmung der zweiaxialen Zugfestigkeit von Beton durchgeführt. Das Versuchsprogramm umfasste zwei Betonfestigkeitsklassen – C20/25 und C40/50. Je Serie wurden 24 scheibenförmige Versuchskörper geprüft. Untersucht wurden die Spannungsverhältnisse $\sigma_2 / \sigma_1 = 0 / 0,25 / 0,5 / 1$.

Im Ergebnis der durchgeführten Versuche kann festgestellt werden, dass die Beurteilung der Zugfestigkeit des Betons unter mehraxialer Zugbelastung in Abhängigkeit der Betonfestigkeitsklasse erfolgen muss. Die zweiaxiale Zugfestigkeit des Betons C20/25 entspricht der einaxialen Zugfestigkeit. Dagegen nimmt die zweiaxiale Zugfestigkeit des Betons C40/50 gegenüber der einaxialen Zugfestigkeit ab.



Versuchsstand
Test setup

Concrete under Multiaxial Tensile Loading

Reinforced concrete elements are exposed to multiaxial tensile loads under operating and service states as well as exceptional loading situations. Uniaxial stress states in structural elements can be described precisely with material properties. However, multiaxial stress states demand more knowledge about the often differing material characteristics. Such varying material properties in turn influence the interaction of concrete and reinforcement (reinforcing and/or pre-stressing steel).

Based on these observations, in the past, investigations on the multiaxial strength of concrete had been conducted. In case of exposing the concrete to compression loads in two or three directions at the same time, the ultimate load generally increases compared with the uniaxial case. This strength increase can be exploited according to DIN 1045 e.g. for partially loaded areas or when applying the strut and tie model (compression joint). However, the conventional statements on the fracture behaviour of concrete under multiaxial tensile loads are not clear and vary from an increase in tensile strength, over remaining constant, to a decrease compared to the uniaxial



Versuchskörper

Test specimen

tensile strength. Most of all, the tensile strength of concrete, when calculating the load bearing capacity, is not taken into consideration. But, concerning the bond lengths or verifications for the service state, the tensile strength cannot be neglected. When determining the crack width, the effective tensile strength of the concrete is part of the calculations at the regarded point in time. So, how does concrete behave under multiaxial tensile loads? So far, no standardised regulation exists for this subject.

Titel | Title

Der Einfluss von Querkzug auf die Rissbildung und den Verbund zwischen Beton und Bewehrung in Stahlbeton- und Spannbetoncontainments | *The influence of transverse tension on cracking and bond between concrete and reinforcement in reinforced and pre-stressed concrete containments*

Förderer | Funding

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMW); Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH als Projektträger des BMWi

Zeitraum | Period

04.2007 – 12.2010

Leiter | Project Manager

Prof. Dr.-Ing. Manfred Curbach

Bearbeiter | Contributors

Dipl.-Ing. Steffen Schröder, Dipl.-Ing. Laura Lemnitzer

The institute of concrete structures of the TU Dresden conducted tests on determining the biaxial tensile strength of concrete. The test program consisted of two concrete strengths classes – C20/25 and C40/50. Within each series, 24 discoidal specimens have been tested focussing on the stress ratios $\sigma_2 / \sigma_1 = 0/1, 0.25/1, 0.5/1$ and $1/1$.

The result of the conducted tests was that an evaluation of the tensile strength concerning concrete under multiaxial tensile loads is only possible in dependency of the type of concrete. The biaxial tensile strength of the C20/25 equates to the uniaxial tensile strength. On the other hand, the biaxial tensile strength of concrete C40/50 decreases compared to the uniaxial tensile strength.

Verbundermüdung unter Querzug

Es gibt eine Vielzahl von Faktoren, die das Verbundverhalten von Bewehrungsstahl und Beton beeinflussen. Dazu zählen u. a. Beanspruchungen infolge Ermüdung und Querzug. Diese beiden Faktoren können getrennt oder – wie z. B. bei Stahlverbundbrücken – auch gleichzeitig auftreten. Große Stahlverbundbrücken bestehen häufig aus einem Stahlhohlkasten, auf welchem eine Fahrbahnplatte aus Stahlbeton aufgebracht wird. Die Fahrbahnplatte erfährt in Brückenlängsrichtung über den Auflagern eine Zugbelastung, die zu einer Rissbildung entlang der Querbewehrung führt. Die Querbewehrung wiederum wird über den Stegen des Hohlkastens auf Zug belastet. Während die Zugbelastung in Brückenlängsrichtung durch das hohe Eigengewicht der Brücke

annähernd gleich bleibt, wird die Querbewehrung durch den Fahrzeugverkehr zyklisch beansprucht. Damit stellte sich die Frage, wie das Verbundverhalten für einen derartigen Bewehrungsstab sinnvoll beschrieben werden kann, denn in der Vergangenheit wurden die Verbundeigenschaften entweder für statische Belastungen mit Querzug oder aber für rein zyklische Beanspruchungen untersucht.

Das bereits 2007 begonnene Versuchsprogramm konnte in diesem Jahr fortgesetzt werden. Während alle bisherigen Untersuchungen mit normalfestem Beton durchgeführt worden waren, steht nunmehr Beton mit höherer Festigkeit im Mittelpunkt. Das Versuchsprogramm umfasst

hochzyklische Ausziehversuche mit vier verschiedenen Schwingspielen und drei unterschiedlichen Längsrissbreiten. Mit einer Querschnittsschwächung des Probekörpers entlang des Ausziehstabes wird der Riss vordefiniert. Die Querzugbelastung, die die vorgegebene Rissbreite erzeugt, wird auf vier Querstäbe aufgebracht, die im Ausziehkörper einbetoniert sind.

Die Qualität des Verbundes wird anhand des Schlupfwachstums zwischen Bewehrungsstab und Beton in Abhängigkeit der Lastwechselzahl beurteilt. Bei der Auswertung konnte ein deutlicher Einfluss des Querzugs auf den Verbundwiderstand unter schwellender Belastung festgestellt werden. Je breiter der Längsriss durch Querzug war, desto stärker wuchs der Schlupf. Die analytische Beschreibung des Schlupfwachstums gemäß Model Code 90 konnte entsprechend den vorhandenen Versuchsergebnissen modifiziert werden. Aufbauend auf der Vorhersage der Schlupfentwicklung wurden Wöhlerlinien der Verbundermüdung abgeleitet. Nach Abschluss aller Versuche sollen daraus Dauerfestigkeitsschaubilder nach Smith gebildet werden.



Verbundzone bei einem Beton C30/37
Bond area (C30/37)

Bond Fatigue under Transverse Tension

Numerous factors impact the bond behaviour between reinforcing steel and concrete. Loads due to fatigue and transverse tension are some of them. These load scenarios can occur separately or, e.g. concerning composite steel and concrete bridges, at the same time. Large composite steel and concrete bridges are often made of one steel box girder, on which a reinforced concrete bridge deck is applied. The bridge deck is loaded longitudinally with tension within the support area, which leads to cracking along the transverse reinforcement. The webs of the box girder load the transverse reinforcement with tension. While the tensile load remains nearly constant over the bridge's longitudinal direction due to the high dead loads, the transverse reinforcement is cyclically loaded by vehicle traffic. Therefore, the question how to describe the bond behaviour for one of these reinforcing bars was more important, because in the past, the bond properties have been investigated either for monotonic loads with transverse tension or for pure cyclic loads.

The research project, which started already in 2007, continued this year. While the investiga-

Titel | Title

Die Auswirkungen der Kombination von Querzug und Ermüdungsbeanspruchung auf den Verbund zwischen Beton und Bewehrungsstahl | *The effects of the combination of transverse tension and fatigue on bond between concrete and reinforcing steel*

Förderer | Funding

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Zeitraum | Period

04.2007 – 03.2009, CU 37/8-1

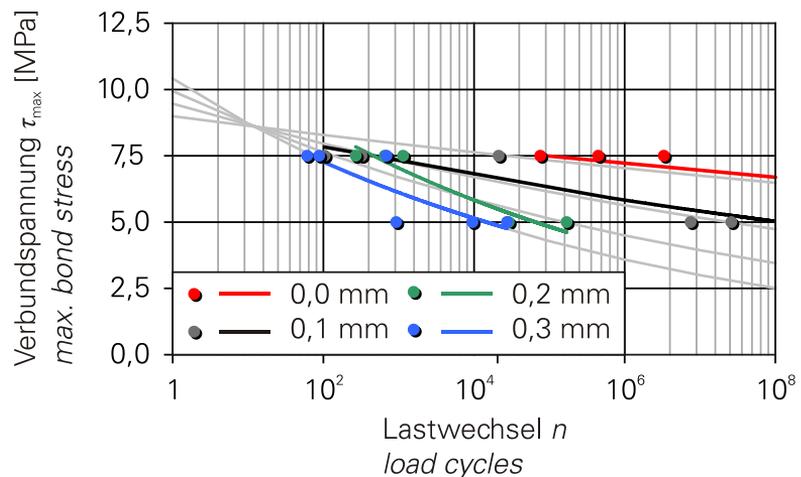
11.2009 – 10.2011, CU 37/8-2

Leiter | Project Manager

Prof. Dr.-Ing. Manfred Curbach

Bearbeiter | Contributors

Dipl.-Ing. Alexander Lindorf



Wöhlerlinien der Verbundermüdung für einen Beton C30/37
S-N curves of bond fatigue for a concrete C30/37

tions so far have been conducted with normal strength concrete, the focus is now on concrete with higher strengths. The test program consists of high cyclic pull-out tests with four different stress ranges and three different longitudinal crack widths. By weakening the cross section of the specimen along the pull-out bar, the crack could be predefined. The transverse tensile load that creates the defined crack width is applied through four transverse reinforcing bars, which are cast into concrete in the specimen.

The quality of the bond is evaluated by means of the slip increase between reinforcing bar and concrete depending on the number of load cycles. The results of the tests showed a considerable influence of transverse tension on the bond strength under cyclic loading. The wider the longitudinal crack due to transverse tension, the more the slip increased. The analytical description of the slip increase according to Model Code 90 could be modified by means of the test results. Based on the prediction of the slip development, S-N curves (Wöhler lines) for bond fatigue have been deduced. After completing all tests, fatigue limit diagrams according to Smith shall be developed.

Ältere Spannstähle im Test

Seit vor über 70 Jahren die erste Spannbetonbrücke Deutschlands in Aue errichtet worden ist, hat sich der Spannbeton zu einer robusten und sehr leistungsfähigen Bauweise entwickelt. Es gab aber auch immer wieder Schadensfälle durch Spannungsrisskorrosion (SpRK). Die Hauptschadensgründe waren (1) die Verwendung von Spannstahl, der für diese spezielle Art der Korrosion besonders empfindlich war und (2) Defizite bei der Bauausführung, da oft Feuchtigkeit ungehindert zu den Spannstählen gelangen konnte.

Spannungsrisskorrosion läuft in drei Phasen ab: vorausgehende Korrosionsvorgänge und Anrissbildung, Rissausbreitung und Versagen. Der

Prozess kann wenige Tage, aber auch viele Jahre dauern. Es entstehen i. d. R. kaum Korrosionsprodukte. Besonders kritisch ist, dass Spannstahl mit SpRK plötzlich und extrem spröde versagen kann. Für Spannbetonbauwerke bedeutet dies, dass sich ein drohendes Versagen nicht durch vorherige Rissbildung ankündigen würde.

Bei zwei älteren vergüteten Stahlsorten ist die Anfälligkeit gegenüber dieser Art der Korrosion seit langem bekannt. Dieser Stahl wird schon seit vielen Jahren nicht mehr hergestellt. Ob der in der ehemaligen DDR hergestellte Spannstahl aus dem Stahlwerk Hennigsdorf ebenfalls gefährdet ist, ist Thema der laufenden Untersuchungen. In diesem Projekt werden Materialtests an Spannstählen verschiedener Hersteller,

vorwiegend jedoch aus Hennigsdorfer Produktion, aus verschiedenen Herstellungsjahren durchgeführt, um Erkenntnisse über den gesamten Herstellungszeitraum bis Anfang der 1990er Jahre zu gewinnen. Die Proben werden zumeist bei Brückenabbrüchen von verschiedensten Brückentypen gewonnen. Zunächst werden Großproben aus dem Bauwerk heraus getrennt. An denen werden zuerst die Kennwerte des Betons ermittelt (z. B. Festigkeit oder Karbonatisierung). Es folgen das Freilegen der Hüllrohre und deren visuelle Beurteilung sowie die visuelle und chemische Untersuchung des Verpressmörtels. Abschließend werden einzelne Spannstäbe extrahiert. Diese werden im Hinblick auf vorhandene Anrisse untersucht, bevor die Zugfestigkeit und die Spannungs-Dehnungs-Linien ermittelt werden. Sogenannte FIP-Tests an der MFPA Leipzig – das sind Dauerstandsversuche in einem äußerst aggressiven Medium – sollen ebenfalls Kennwerte über die Empfindlichkeit der Spannstähle liefern.



Spannstahlprobe im Zugversuch
Prestressing bar during tension test

Tests on Older Prestressing Bars



Bestimmung der Karbonatisierungstiefe an einer Großprobe
Determination of carbonation depth at a large sample

Over 70 years ago, the first prestressed concrete bridge in Germany was built in Aue. In the meantime the prestressed concrete has developed to a robust and highly efficient construction method. Yet there were also repeatedly cases of damage due to stress corrosion cracking (SCC). The main damage reasons were (1) the use of prestressing steel that was especially sensitive for this particular type of corrosion and (2) shortcomings in construction, often because moisture could freely access the prestressing steel.

Stress corrosion cracking takes place in three phases: preliminary corrosion processes and crack initiation, crack propagation and failure. The process can take a few days, but also many years. SCC results typically barely corrosion products. Particularly critical is that the steel with SCC can fail

suddenly and extremely brittle. For prestressed concrete structures, this means that an imminent failure would not announce by previous cracking.

For two of the previously used quenched and tempered steel types, the susceptibility to this type of corrosion has long been known. Therefore, this steel has not been manufactured since many years. Whether the prestressing bars from the steel mill Hennigsdorf (former GDR) is at risk also is the subject of ongoing investigations. In this project, material tests are carried out on prestressed steel from different manufacturers, but predominantly from Hennigsdorfer production from different production years in order to gain knowledge about the entire production period to the early 1990s.

The samples are usually won in bridge break offs from various bridge types. First, single large specimens are separated from the structure. Afterwards the parameters of the concrete are determined, such as strength or carbonation depth. Thereafter, the ducts are exposed and evaluated visually. The injection mortar is also first examined visually, and then follows the analysis of chemical composition. Finally, some tension rods are extracted. These will be investigated with regard to existing cracks before the tensile strength and the stress-strain curves are determined. So-called FIP-tests on the MFPA Leipzig - that are longtime tension tests in a highly aggressive medium - will also provide parameters on the susceptibility of prestressing steels.

Titel | Title

Überprüfung des Risikos der Spannungsrissskorrosion (SpRK) von Hennigsdorfer Spannstahl für den Produktionszeitraum bis 1993 | Verification of the risk of stress corrosion cracking (SCC) from Hennigsdorfer prestressing steel for the production period to 1993

Förderer | Funding

Landesamt für Straßenbau und Verkehr
Mecklenburg-Vorpommern

Zeitraum | Period

09.2009 – 03.2011

Leiter | Project Manager

Dr.-Ing. Torsten Hampel

Bearbeiter | Contributors

Dr.-Ing. Torsten Hampel, Dr.-Ing. Silke Scheerer

Projektpartner:

MFPA Leipzig, Saxotest Ing. GmbH Dresden u. a.

Versagenswahrscheinlichkeit älterer Spannbetonbrücken

Ältere Spannbetonbrücken enthalten oft Stähle, die den heutigen Anforderungen nicht mehr gerecht werden, weil sie z. B. als besonders empfindlich gegenüber Spannungsrissskorrosion (SpRK) eingestuft werden. Um diese Bauwerke erhalten und sicher weiter nutzen zu können, gibt es seit 1993 eine entsprechende bundesweite Handlungsanweisung (HAW) zum Umgang mit diesen Bauwerken, die derzeit – auch unter Mitarbeit des Instituts für Massivbau – überarbeitet wird.



Ansicht einer Fertigteil-Typenbrücke

View of a typical prefabricated prestressed bridge

Parallel dazu untersuchen wir seit 2005 mit Hinblick auf diese spezielle Thematik den Brückenbestand des Landes Mecklenburg-Vorpommern. Alle Bauwerke wurden katalogisiert und bewertet. Je nach Dringlichkeit wurden statische und materialtechnische Untersuchungen durchgeführt, deren Ergebnisse auf die anderen Brücken extrapoliert wurden. Ein Schwerpunkt 2010 war die Erprobung eines neuartigen Rechenverfahrens auf Grundlage der Stochastik, welches an der TU München entwickelt wurde. Gegenstand der aktuellen Arbeit sind die Querkraft- und die Koppelfugenproblematik bei ausgewählten Brücken.

Beton- und Spannstahl verformen sich i. d. R. deutlich vor dem Versagen. Bei richtiger Bemessung und Konstruktion der Bauwerke bilden sich Risse im Beton, bevor der Stahl in den Bereich des Bruches kommt. Spannstähle mit SpRK können hingegen sehr spröde versagen. Dann ist es auch durchaus möglich, dass sich im Vorfeld keine von außen sichtbaren Risse bilden.

Die betroffenen Tragwerksbereiche mit negativem Ankündigungsverhalten ermittelt man analytisch bei einer statischen Nachrechnung. Mit dem neuen Verfahren auf Grundlage der Stochastik wird anschließend abgeschätzt, wie groß die Wahrscheinlichkeit ist, dass der Spannstahl zuerst dort ausfällt, wo kein Riss von außen detektierbar ist. Für DDR-Fertigteilbrücken, die einen großen Anteil am untersuchten Brückenbestand haben, konnte dieses Verfahren in sehr vielen Fällen nutzbringend angewendet werden. So vorhan-

den, machen nämlich die kritischen Bereiche bei betroffenen Brücken nur einen Bruchteil aller zu untersuchenden Schnitte aus. Die Wahrscheinlichkeit eines unangekündigten Versagens war i. d. R. geringer als der kritische Grenzwert. Es wurden aber auch Schwächen des stochastischen Verfahrens aufgezeigt. So werden z. B. kleinere Brücken mit einer relativ geringen Anzahl Spannglieder deutlich kritischer bewertet als Großbrücken mit mehr Spanngliedern. Dennoch bietet das neue Verfahren eine Möglichkeit, das Tragvermögen von Brücken mit SpRK-empfindlichen Stählen realistischer beurteilen zu können.

Titel | Title

Spannungsrissskorrosion bei Brücken. Untersuchung des Brückenbestandes des Landes Mecklenburg-Vorpommern | *Stress corrosion cracking in bridges. Investigation of the bridge stock of Mecklenburg-Vorpommern*

Förderer | Funding

Landesamt für Straßenbau und Verkehr
Mecklenburg-Vorpommern

Zeitraum | Period

10.2005 – 03.2011

Leiter | Project Manager

Dr.-Ing. Torsten Hampel

Bearbeiter | Contributors

Dr.-Ing. Torsten Hampel, Dr.-Ing. Silke Scheerer

Projektpartner:

Curbach Bösche Ingenieurpartner,
Saxotest Ing. GmbH Dresden u. a.

Probability of Failure of Older Prestressed Concrete Bridges

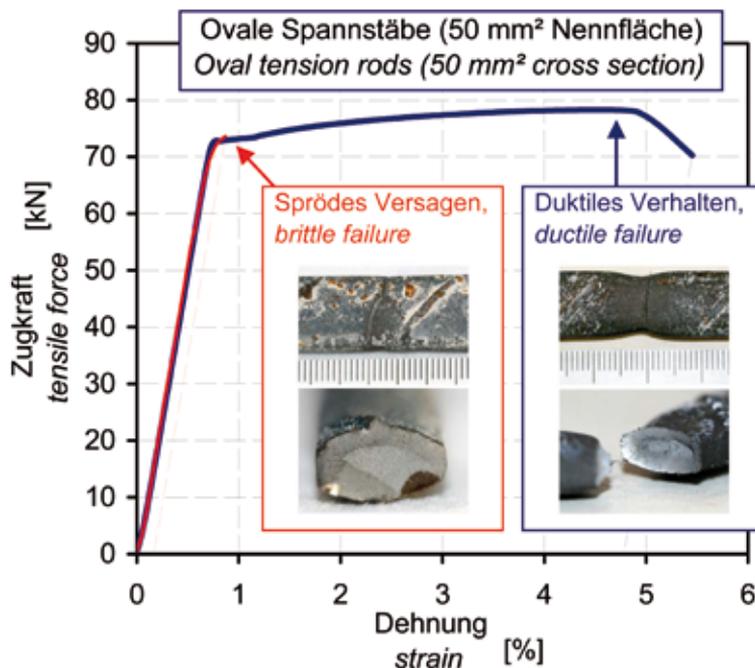
Older prestressed concrete bridges often contain steel that no longer meets today's requirements because they are classified, for example, as particularly sensitive to stress corrosion cracking (SCC). To maintain these structures and assure a safe further use, a corresponding nationwide guideline (HAW) has been introduced 1993, which deals with these structures. Currently, this HAW will be revised, with the assistance of the Institute of Concrete Structures.

Since 2005 we investigated the bridge inventory of Mecklenburg-Vorpommern with regard to this particular issue. All structures were catalogued and evaluated. Depending on the bridge condition and urgency, static recalculation and material tests were conducted. The results were transferred to other bridges. In 2010 a main focus was the testing of a new calculation method for the structural analysis based on stochastics, which was developed at the Technical University of Munich. Subjects of current work are the shear force resistance and the coupling joint problem at selected bridges.

Reinforcing steel and prestressed steel usually deforms visibly before failure occurs. Therefore, if the structure was properly sized and designed, visible signs, like cracks in the concrete, indicate a change in the load bearing behavior before the steel will fail. Prestressing steels with SCC, however, can fail very brittle. In these cases it is also possible, that no externally visible cracks form before the steel fails.

The parts of a structure with negative announcement behaviour are determined analytically

in a static recalculation. Using the new method based on stochastical principles, it is possible to estimate how likely it is, that the prestressing steel fails at first in a place where no cracks are visible from the outside. For prefabricated bridges manufactured in the former GDR, which represent a large percentage of the total bridge stock, this procedure could be applied usefully in many cases. In affected prefabricated bridges, critical areas represent only a small amount of all examined parts. The probability of an unannounced failure was usually less than the critical limit value. In this evaluation also weak points of the new calculation method were pointed out. For example, small bridges with a relatively small number of tendons are evaluated more critically than large bridges with longer tendons. Nevertheless, this new method is one possibility for a realistic assessment of the load bearing capacity of bridges with SCC-sensitive steels.



Spannungs-Dehnungs-Linien verschiedener Spannstähe
Stress-strain curves of two different kinds of prestressing steel

Mehraxiale Schädigungsstoffgesetze für Beton

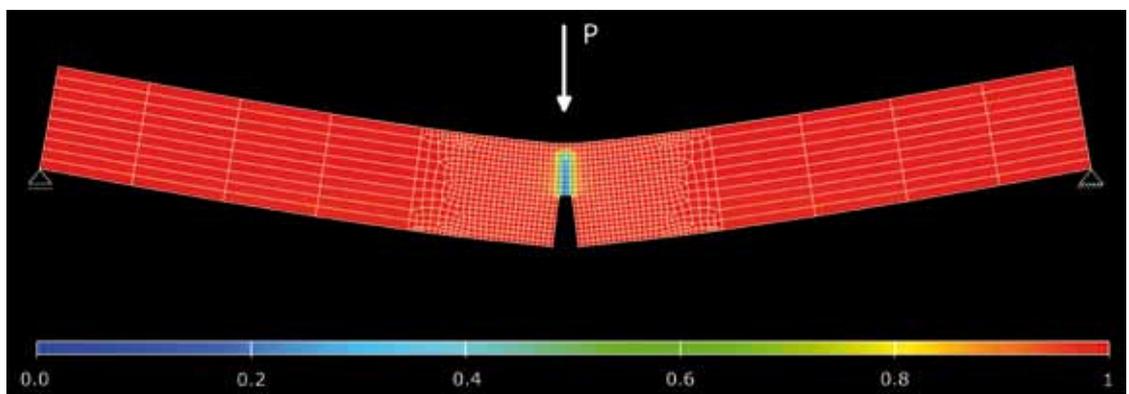
Trotz mehrerer Jahrzehnte Forschungsarbeit auf dem Gebiet der stoffgesetzlichen Beschreibung von Beton unter allgemeiner Belastung sind die vorgeschlagenen Formulierungen zumeist nur auf Probleme mit speziellen Last- und Geometrie-konfigurationen anwendbar oder aber aufgrund ihrer Komplexität für den Nutzer von Finite-Elemente-Software nur bedingt nachvollziehbar. Im Rahmen des aktuellen Forschungsvorhabens soll ein Beitrag zur Beschreibung von in der Ingenieurpraxis relevanten Strukturen mit numerischen Rechenverfahren geleistet werden.

Die Simulation solcher Strukturen setzt – zur Vermeidung inakzeptabler Rechenzeiten – nach wie vor die makroskopische Betrachtungsweise voraus. Damit verbunden ist die Notwendigkeit der Homogenisierung des ausgeprägt heterogenen Materials Beton. Daher werden im laufenden Projekt hauptsächlich phänomenologische Schädigungsansätze im Rahmen der Kontinuumsmechanik formuliert. Die makroskopisch beobachtbaren elastischen Eigenschaften des Materials und deren Entwicklung infolge von Neubildung, Wachstum und Zusammenschluss von Defekten auf der Mikroebene werden mittels geeigneter Schädigungsvariablen charakterisiert.

Beton weist sowohl unter Druck- als auch unter Zugbeanspruchung ein ausgeprägtes Entfes-

tigungsverhalten auf, d. h. an einem Materialpunkt sinken mit zunehmenden Dehnungen die Spannungen nach Erreichen der Festigkeit wieder ab. Werden solche Stoffgesetze in numerische Verfahren wie die FEM implementiert, sind die berechneten Systemantworten zunächst in hohem Maße von der verwendeten Elementgröße und -ausrichtung abhängig. Deshalb müssen sogenannte regularisierende Verfahren eingebunden werden.

Im Rahmen des Projektes werden Stoffgesetze formuliert, die eine Richtungsabhängigkeit des Materialverhaltens berücksichtigen. Diese Eigenschaft resultiert aus einer für Beton typischen Vorzugsorientierung von eingepprägten Rissen als Folge äußerer Beanspruchungen. Das Problem der Netzabhängigkeit der numerischen Ergebnisse wird mittels nichtlokaler Verfahren behoben, die einen Einfluss benachbarter Gebiete auf das Materialverhalten im jeweils betrachteten Punkt berücksichtigen. Auf diese Weise wird die Schädigungsvariable aus den Anteilen mehrerer Elemente gemittelt und eine Objektivität der Resultate erzielt. Bei der Simulation bekannter Versuche an unbewehrten Betonkörpern können bei Verwendung der entwickelten Ansätze sowohl Last-Verformungsbeziehungen als auch beobachtete Risspfade zutreffend reproduziert werden.



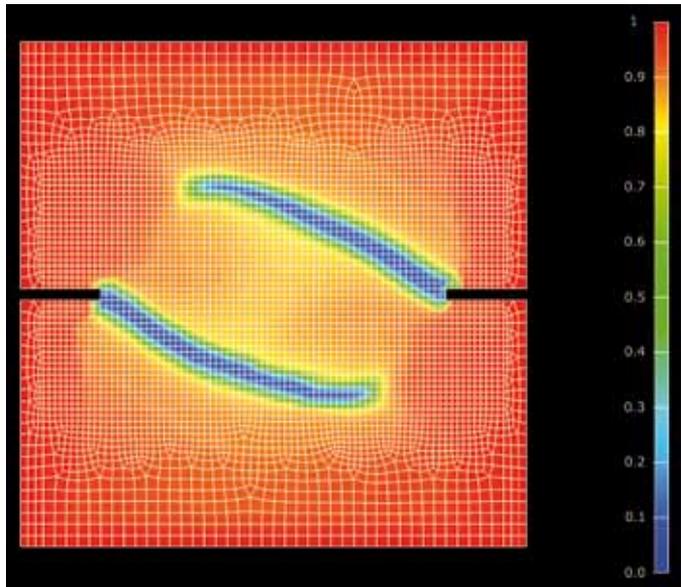
Schädigung und Verformung eines gekerbten Balkens
Damage and deformation of a notched beam

Multi-axial Damage Constitutive Laws for Concrete

Despite several decades of research in the field of constitutive modelling of concrete subject to general loading, most of the suggested formulations are either only applicable to problems with specific geometrical and loading configurations or due to their complexity hardly comprehensible for users of finite element software. The current research project aims to contribute to the realistic simulation of structures utilized in engineering practice by means of numerical methods.

The simulation of such structures - to prevent unacceptable calculation times - still requires the macroscopic level. This entails the necessity for homogenisation of the distinctive heterogeneous material concrete. Therefore mainly phenomenological damage approaches within the framework of continuum mechanics are formulated in the current project. The observable macroscopic elastic properties of the material and their evolution as a result of initiation, growth and coalescence of defects at the micro level are characterized by means of appropriate damage variables.

Concrete exhibits distinct softening characteristics under compressive as well as under tensile loading, i.e. after reaching a maximum value - the strength - at a material point the stresses decrease



Berechneter Schädigungspfad im gekerbten Probekörper
Calculated damage path in the notched specimens

again with increasing strains. If such softening constitutive laws are implemented in numerical methods such as FEM, the calculated system responses initially highly depend on the used element size and orientation. Therefore, so-called regularisation methods have to be included.

Within the current project constitutive models are formulated, which take into account a directional dependency of the material behaviour. This property which is characteristic for concrete results from a preferred orientation of impressed cracks as a result of external loading. Mesh dependence of numerical results is resolved by non-local methods, which take into account the influence of adjacent regions on the material characteristic for the point under consideration. In this way, the damage variable will be averaged out of the portion of several elements and objective results are obtained. In the simulation of common tests of plain concrete specimens both load-displacement relationships and observed crack paths can be accurately reproduced using the developed approaches.

Titel | Title

Mehrxiale Stoffgesetze für Beton auf der Grundlage anisotroper Schädigung und Plastizität

Förderer | Funding

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), Projekt HA 2833/4-1

Zeitraum | Period

05.2007 – 04.2009 (1. Förderperiode)

05.2009 – 04.2011 (2. Förderperiode)

Leiter | Project Manager

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

Bearbeiter | Contributors

Dipl.-Ing. Mirko Kitzig

Wie verhalten sich Betonplatten unter Steinschlag?

Das Verhalten von Materialien und Bauteilen unter Stoßbeanspruchungen unterscheidet sich von der normalerweise betrachteten statischen Belastung. In diesem Forschungsprojekt werden dabei solche Impaktbeanspruchungen betrachtet, wie sie beispielsweise durch Fahrzeuganprall oder Steinschlag hervorgerufen werden können.

Am Institut für Massivbau werden daher Impaktexperimente durchgeführt, bei denen in der Fallturmanlage des Instituts für Leichtbau und Kunststofftechnik (ILK) der TU Dresden ein Fallgewicht oder Impaktor mit verschiedenen Geschwindigkeiten von bis zu 47 km/h auf unterschiedlich bewehrte Betonplatten fallen gelassen werden. Neben der Auswertung der umfangreichen Messdaten geht es in diesem Forschungsprojekt auch um die qualitative Beurteilung, inwieweit Betonplatten der Impaktbeanspruchung standhalten und einen Schutz vor beispielsweise Steinschlag bieten können. Zwei der getesteten Platten wurden nach den Versuchen mittig durchgesägt, um einen Einblick in das Innere der beanspruchten Betonplatten zu erhalten. Anhand der unterschiedlichen Stanzkegel wurden Unterschiede im Materialverhalten sichtbar.

Welche Ergebnisse haben wir beobachtet?

Die Versuchsergebnisse zeigten, dass unabhängig von den getesteten Aufprallgeschwindigkeiten alle Platten aus Normalbeton C20/25 vollständig vom Impaktor durchstanzt werden. Auch solche Normalbetonplatten, deren Schubtragfähigkeit im Bereich des erwarteten Stanzkegels mit einer zusätzlichen Bügelbewehrung erhöht wurde, wurden vom Impaktor durchstoßen. Die Bügel beeinflussen zwar die Gestalt des Stanzkegels, können aber eine Perforation der Platte nicht verhindern. Selbst Platten aus hochfestem Beton C70/85 konnten dieser Stoßbeanspruchung nicht standhalten. Sie zeigten zwar im Vergleich zu den Normalbetonplatten ein anderes Bruchbild, aber auch sie wurden vollständig durchstanzt.

Ein gänzlich anderes Verhalten hingegen zeigten Platten, die nachträglich mit einem Stahl- beziehungsweise Carbon-Textil verstärkt worden waren. Diese Platten wurden nur beschädigt, aber nicht vollständig durchstanzt. Das eingelegte Textil wirkt wie eine Membran, die ein weiteres Eindringen des Impaktors stoppt und ein vollständiges Durchstanzen der Betonplatte verhindert. Wird eine solche textilverstärkte Platte beispielsweise in einer Steinschlagalerie eingesetzt, so ist der unter der Platte befindliche Bereich vor der Anpralllast geschützt.



Aufbringen der
Stahlgewebe-
verstärkungsschicht
*Application of
steel fabric reinforcement*

How do Concrete Slabs Behave under Rock Fall Load?

The behaviour of materials and structures under impact load differs from the one under usual static load. In this project, load cases as vehicle impact or rock fall are considered.

At the Institute of Concrete Structures, impact experiments are conducted using the drop tower facilities of the Institute of Lightweight Engineering and Polymer Technology of the TU Dresden. Varying the velocity up to 47 km/h, a drop mass or impactor is dropped onto differently reinforced concrete slabs. Beside the analysis of the measurement results, another point is the qualitative evaluation, to what extent concrete slabs can resist impact load and act as protective measure against rock fall, for example. Two of the tested slabs were sawn through after the test procedure to gain an insight into the interior of the damaged concrete slabs.

What did we observe?

The experimental results show, that all slabs of standard concrete C 20/25 were completely punched through by the impactor independently from impact velocity. Actually such slabs of standard concrete, that had a higher shear capacity because of additional stirrup reinforcement in the area of the expected punching cone, were perforated by the impactor. The stirrups influenced the shape of the punching cone, but could not prevent entire perforation of the slab. Even slabs of high performance concrete C 70/85 could not resist the impact load. Compared with standard concrete, they showed a different fracture pattern,



Nachträgliches Zersägen der
impaktbeanspruchten Betonplatten
Sawing of the damaged concrete slabs
after impact test procedure

Titel | Title

Beton unter stoßartiger Belastung
Concrete under Impact loading

Förderer | Funding

Institut für Massivbau, TU Dresden

Zeitraum | Period

fortlaufend seit 08.2009

Leiter | Project Manager

Prof. Dr.-Ing. Manfred Curbach

Bearbeiter | Contributors

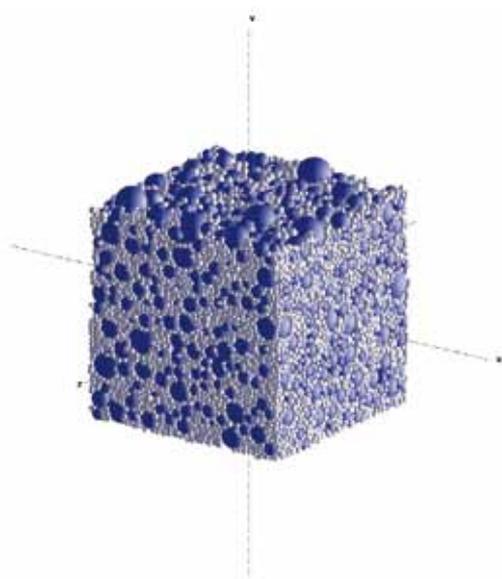
Dipl.-Ing. Anja Hummeltenberg,
Dipl.-Ing. Birgit Beckmann

but actually they were punched through. In contrast, slabs with subsequent reinforcement of steel or carbon fabric showed a completely different behaviour. These slabs were only damaged, but not perforated. The embedded fabric obtains a membrane effect, which stops the penetration of the impactor and prevents an entire perforation of the slab. Using such a fabric reinforced slab in a rock fall gallery, for example, the range beneath the slab is protected against impact load.

Virtuelle Probekörper: Der Blick ins graue Innere

Immer noch stellt es einen beträchtlichen Aufwand dar, mit bildgebenden Verfahren einen visuellen Eindruck vom Schädigungsverhalten eines realen Probekörpers unter realistischen Belastungen zu erhalten. Hinzu kommt die Tatsache, dass ein real geschädigter Probekörper – er mag unter nahezu idealen Bedingungen gefertigt worden sein – nach der Schädigung für weitere Experimente nicht mehr zur Verfügung steht.

Numerische Simulationen erlauben die „Wiederverwendung“ ein und desselben Probekörpers unbegrenzt oft. Zudem können unterschiedliche Belastungsregimes ebenso wie unterschiedliche Belastungsgeschwindigkeiten untersucht werden.



Haufwerk von Zuschlagskörnern,
orientiert an einer realistischen Sieblinie.

Große Teilchen sind blau, kleine grau gezeichnet.
Viele noch viel kleinere Zementteilchen sollen
das Haufwerk sukzessive verleimen.

*Aggregates, oriented towards
a realistic sieving distribution.*

*Bigger particles are drawn blue, smaller ones
gray. Many even much smaller particles are to
represent the cementitious matrix, successively.*

Unsere Simulationen erfolgen als Viel-Teilchen-Simulationen nach der Methode der Distinkten/Diskreten Elemente, einem ebenso flexiblen wie rechenintensiven Verfahren. Es ist unser Ziel, ausgehend von einem realistisch dimensionierten Ensemble von kugelförmigen Zuschlagskörnern, die Korngröße der verklebenden Zementmatrix schrittweise zu reduzieren. Es wird angestrebt, auch für „Zementkorn“-Größen oberhalb realistischer Verhältnisse wesentliche Aspekte von Rissbildung und Schädigungsverhalten im Material Beton abbilden zu können.

Es erscheint vorerst nicht möglich, das Schädigungsverhalten im Material ausgehend von der mikroskopischen Skala durchgehend bis hinauf zur makroskopischen Ebene millimetergroßer Risse zu beschreiben oder gar zu berechnen. Unser Augenmerk liegt daher auf der Entwicklung eines meso-strukturalen Kontaktmodells, das die vielfältigen Interaktionen auf molekularer Ebene in einem letztlich rechenbaren Teilchen-Teilchen-Modell in zureichender Weise vereint.

Unser Versuch, der Natur mit Hilfe numerischer Simulationen gewissermaßen „in die Karten zu schauen“, wird beschränkt durch die Zulänglichkeit des numerischen Modells. Wir sind uns der Tatsache bewusst, dass letztlich nur das Experiment Aufschluss über Versagen oder Nicht-Versagen eines Bauteils geben wird. Numerische Simulationen können aber wertvolle Einblicke in das „Innenleben“ betonartiger Probekörper liefern und auf diese Weise zu einem besseren Verständnis von Material- und Schädigungsverhalten des Werkstoffs insgesamt beitragen.

Virtual Specimens: Looking Inside the Rock

We have taken further steps towards achieving better understanding of concrete's behaviour by means of numerical simulations. Virtual specimens – 2D, and now even 3D – undergo their first testing procedures, showing first and promising qualitative and quantitative results.

To give a short insight, the method is as easy as this: A specimen is seen as a conglomeration of small particles, each of them originating from a distinct distribution of size and material behaviour depending on whether it embodies cement or aggregate, taking in account concrete's heterogeneous nature. The interaction of these particles according to Newton's laws and a modern approach

to include dissipation are the essentials of our computer implementation. The crucial point of our present work is finding a meso-structural contact model that sufficiently summarizes interactions of material on the molecular scale, letting computation feasible.

Titel | Title

Modellierung des Bruchverhaltens von Beton und Stahlbeton mit der Methode der Diskreten Elemente
| Numerical Simulations of Material Behaviour of Concrete by the Method of Discrete Elements

Förderer | Funding

Institut für Massivbau, TU Dresden

Zeitraum | Period

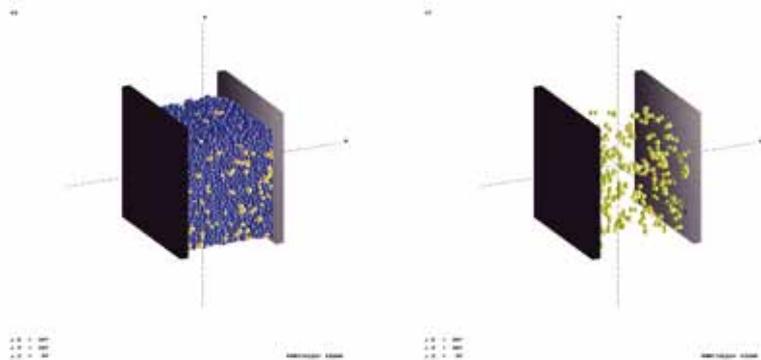
fortlaufend seit 09.2008

Leiter | Project Manager

Prof. Dr.-Ing. Manfred Curbach

Bearbeiter | Contributors

Dipl.-Math. Dirk Reischl



Ein virtueller Probekörper im Druckversuch:
Die hell gezeichneten Teilchen haben den Kraftschluss mit einem oder mehreren ihrer ehemaligen Kontaktpartner verloren – Indiz für eine Schädigung des Probekörpers.

*A virtual specimen under pressure:
Light-shaded particles have lost contact to one or more of their former contact partners, which may indicate crack propagation*

The model to be developed, however, is thought not only to reproduce experimental knowledge, it should give a feedback to our colleagues who carry out the tests.

Up to now, we are able to reproduce realistic crack patterns of virtual specimens in 2D computer simulations, accompanied by respective strain-stress relations. Moreover, progress has been made in the field of 3D simulations of crack propagation and material failure on a qualitative level. Our objective is to do on a computer screen what happened in the laboratory: 3D numerical simulations of the fatigue mechanisms of a concrete-like heterogeneous material consisting of an ensemble of differently-sized interacting particles. To be more ambitious, experience that can not be gained in the lab for practical reasons, we hope to be able to achieve by computer experiments in the near future.

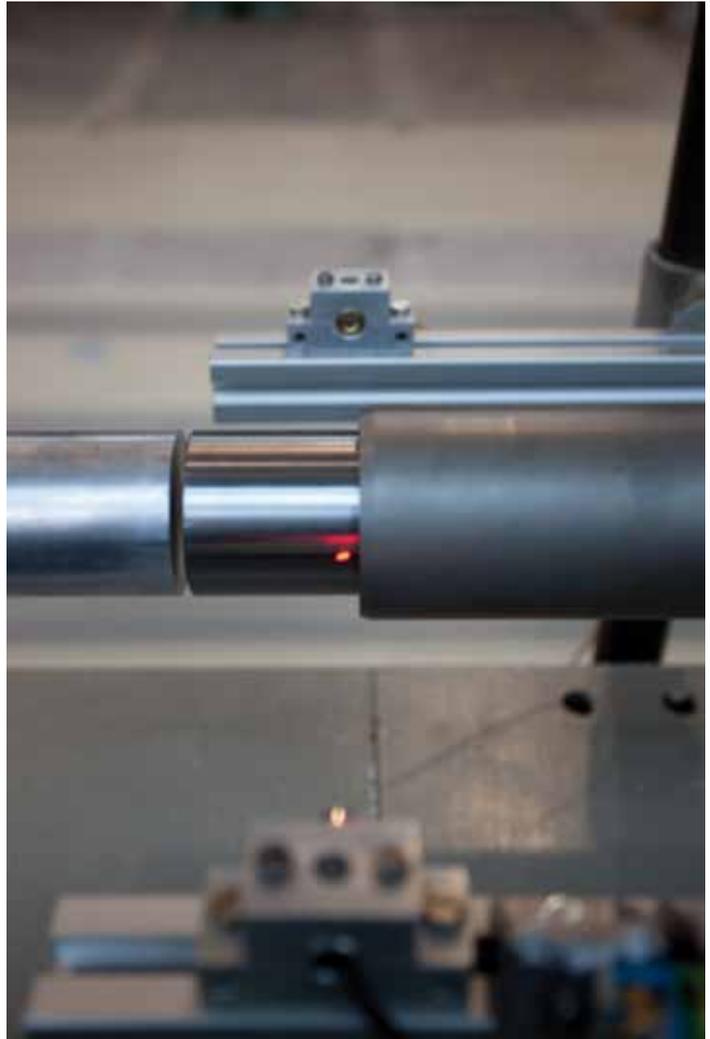
Betonverhalten unter Impact

Unter welchen Bedingungen ändern sich die Festigkeitseigenschaften von Werkstoffen?

In dem Forschungsprojekt wird untersucht, welchen Einfluss die Geschwindigkeit einer Belastung auf die Festigkeit von Beton hat.

Um diesen Aspekt analysieren zu können, wird ein Split-Hopkinson-Bar genutzt. Der Versuchsaufbau setzt sich aus einer Beschleunigungsanlage für einen Impaktor und zwei langen Aluminiumstäben zusammen, zwischen denen die Probe montiert wird. Der zylinderförmige Impaktor wird in der Beschleunigungsanlage beschleunigt und stößt auf den ersten Aluminiumstab gleichen Durchmessers. Dadurch wird eine Kompressionswelle in dem Aluminiumstab ausgelöst. Diese Welle bewegt sich mit Körperschallgeschwindigkeit durch den Eingangsstab, die Probe und den zweiten Aluminiumstab fort. Wie bei einer Black Box wird über die eingehenden, die reflektierten und die ausgehenden Messergebnisse ein Rückschluss auf die Eigenschaften der Probe während des Versuches gezogen. Die Aluminiumstäbe verhalten sich während des Versuches elastisch, währenddessen die Probe i. d. R. plastisch belastet wird.

Bisher bekannte Untersuchungen beschäftigen sich mit dem Einfluss von Belastungen, die einaxial mit hohen Geschwindigkeiten eingeleitet wurden. Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens soll speziell die Auswirkung einer zwei axialen Belastung einer Probe untersucht werden. Zu diesem Zweck wurde im vergangenen Jahr ein Versuchsanlagenkonzept entwickelt, welches es ermöglichen soll, die Belastung der Probe aus zwei Richtungen überwachen und auch synchronisieren zu können. Unterschiedliche Belastungs- und Auslösekonzepte wurden dafür verglichen und auf ihre Umsetzbarkeit hin überprüft. Basierend auf diesen Analysen wurde Druckluft als geeignetes



Geschwindigkeitsmessung am Impaktor
Velocity measurement at the impactor

Treibmittel für den Impaktor ausgewählt. Die Versuchssteuerung findet über eine pneumatische Schaltung statt. Halbleiter- und Lasermesstechnik mit Abtastraten im MHz-Bereich ermöglichen es, solche schnellen Impulsvorgänge sicher messen und analysieren zu können.

Dieses Konzept konnte bereits bei einem klassischen einaxialen Split-Hopkinson-Bar getestet werden. Nach den entsprechenden Anpassungen für den zwei axialen Versuchsaufbau wird nun der zwei axiale Versuchsaufbau aufgebaut.

Concrete Behaviour Under Impact

Under which conditions do the strength properties of materials change?

This project investigates the influence of the load velocities on the strength of concrete. To analyse this aspect a Split-Hopkinson-Bar is used. The experimental setup consists of a system, to accelerate an impactor, and two long aluminium transmission bars with a concrete test specimen between them. In the acceleration system, the cylindrical impactor is accelerated and strikes the first aluminium bar. Thereby a compression wave is triggered in the aluminium bar. This pressure wave proceeds with the velocity of structure-borne sound through the transmission bar, the concrete test specimen and, finally, the second transmission bar. As in a black-box process, over the incoming, outgoing and reflected test results, a conclusion can be drawn on the properties of the concrete test specimen during the experiment. The aluminium bars behave elastically during the trial, while behaviour of the specimen is plastically.

Previously known studies have investigated the influence of high load velocities in the uniaxial case. In this research project specifically the effect of the biaxial loading of a test specimen shall be studied. For this purpose a concept for an experimental setup was designed last year that shall enable the synchronised loading of the concrete test specimen from two directions. Different loadings and triggering concepts were compared and checked for their feasibility. Based on these analyses, compressed air was selected

Titel | Title

Verbundvorhaben: Verhalten von Beton bei hohen Belastungsgeschwindigkeiten Teilprojekt: Experimentelle Untersuchungen zur zweiachialen Festigkeit und Formulierung einer stoffgesetzlichen Beschreibung
| *Experimental investigations on biaxial strength and formulation of a material model*

Förderer | Funding

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi); Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH als Projektträger des BMWi

Zeitraum | Period

07.2009 – 12.2012

Leiter | Project Manager

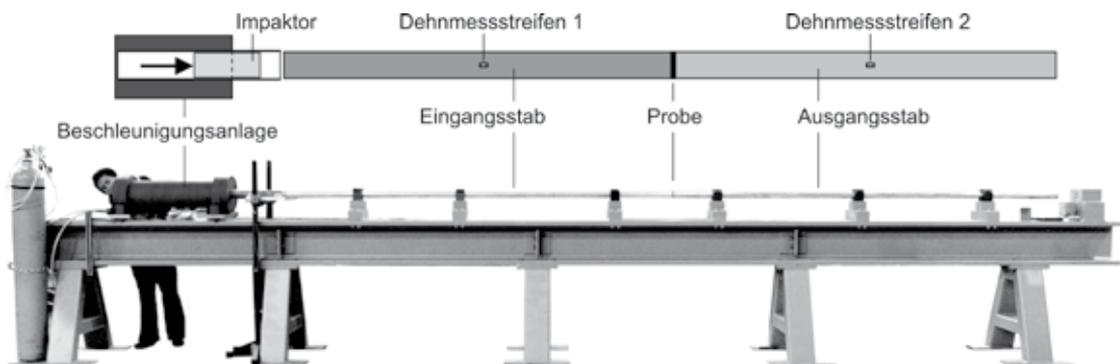
Prof. Dr.-Ing. Manfred Curbach

Bearbeiter | Contributors

Dipl.-Ing. Anja Hummeltenberg

as suitable propellant for the impactor. The trial is pneumatically controlled. Semiconductor and laser measurement, providing sampling rates in the MHz range, make it possible to measure and analyse such fast pulse operations.

This concept has already been tested in a classical uniaxial Split-Hopkinson-Bar. After the appropriate adjustments for the biaxial experimental setup, now the biaxial test rig is set up.



*Versuchsaufbau des Split-Hopkinson-Bars
Test setup of the Split Hopkinson Bar*

DEM-Simulation von Impaktvorgängen

Ziel des Forschungsvorhabens ist es, das Verständnis von Bruchvorgängen, Schädigungsprozessen und Wellenausbreitung im Beton infolge Impaktbelastung zu vertiefen. Dazu soll Beton unter hochdynamischer Belastung und den damit verbundenen hohen Dehnraten mit der Diskrete Elemente Methode (DEM) numerisch simuliert werden. In der Simulation sollen die Ausbreitung von Druckwellen und die Entstehung von Mikrorissen und Gefügeänderungen untersucht werden. Dabei ist eine enge Verknüpfung aus numerischer Simulation und experimentellen Untersuchungen erforderlich.

Warum Untersuchung von Impaktvorgängen?

Die Untersuchung von Impaktvorgängen ist von grundsätzlichem Interesse. Zum einen sind Unfallsituationen wie Steinschlag, Fahrzeuganprall oder Flugzeugabsturz und die damit verbundenen hohen dynamischen Beanspruchungen nicht vermeidbar. Daher dient die Erforschung von Impaktbelastungen dem Schutz von Bauwerken, besonders von solchen, die wie Krankenhäuser oder Kernkraftwerke einer erhöhten Tragsicherheit bedürfen. Dies gilt umso mehr, da ein durch Impaktbeanspruchung verursachtes Versagen zumeist ohne Vorankündigung geschieht.

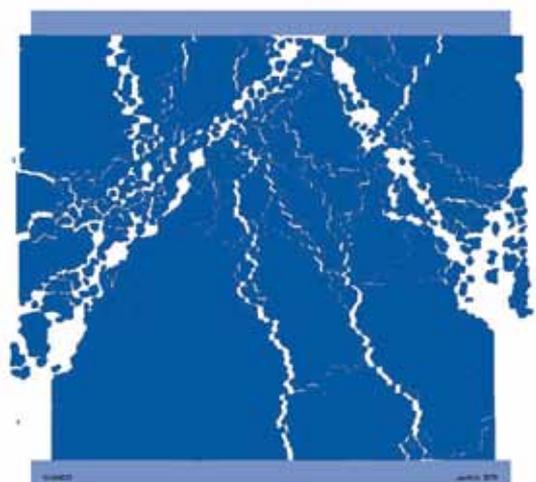
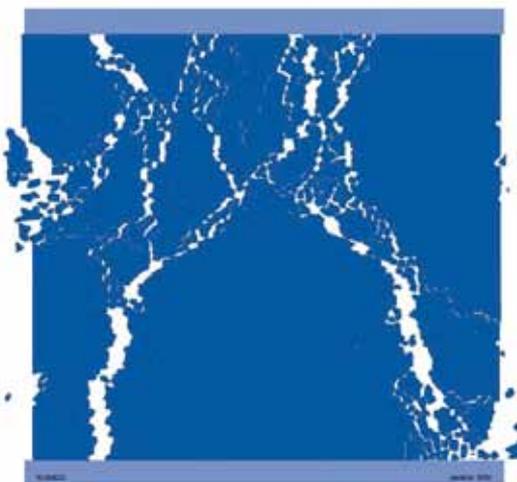
Zum anderen besteht aber auch ein Interesse, die theoretischen Grundlagen der sehr komplexen

Vorgänge von Bruch-, Rissbildungs- und Schädigungsprozessen im Beton bei Impakt zu verstehen. Die dabei im Betongefüge entstehenden Risse müssen nicht zwangsläufig zum Versagen führen, jedoch bedingen sie erheblich geänderte Materialeigenschaften.

Warum numerische Simulation?

Auch wenn Simulationen einen virtuellen Raum darstellen und daher reale Experimente nicht ersetzen können, so erlauben sie die Untersuchung von Vorgängen, die beispielsweise infolge hoher Temperaturen, hoher Drücke oder Explosionsgefahr schwer experimentell umzusetzen sind. Darüber hinaus sind räumliche und zeitliche Größen in einer Simulation quasi beliebig skalierbar, unabhängig davon, ob der reale Vorgang wenige Sekunden oder mehrere Monate dauert. Zudem können Einflussgrößen einzeln und unabhängig von einander variiert werden.

Eine Computersimulation stellt eine Verbindung zwischen Laborexperiment und der mathematisch-physikalischen Theorie dar. Die Interaktion von zwei Partikeln – z. B. von zwei Festkörpern oder zwei Molekülen – ist analytisch beschreibbar. Aber schon ein Drei-Partikel-System bereitet große analytische Schwierigkeiten. Daher sind Computersimulationen ein geeignetes Hilfsmittel, solche Problemstellungen zu behandeln.



Rissmuster nach dem simulierten Versagen eines Betonwürfels
Crack pattern after simulated failure of concrete specimen

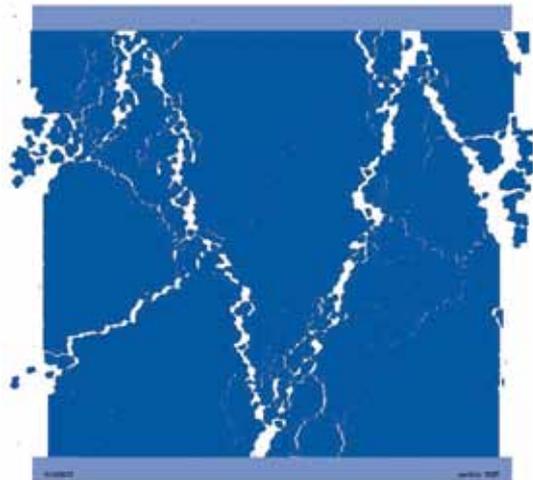
DEM-Simulation of Impact processes

The aim of the project is to increase the understanding of fracture processes, damage processes and wave propagation of concrete due to impact loading. Therefore, the concrete behaviour under impact loading, i.e. under high dynamic loading and high strain rates, is analysed in a numerical simulation using Discrete Element Method. The propagation of pressure waves and the initiation of microcracks and microstructural changes as well as the effects of defects in material structure on loading capacity is studied. A close cooperation of numerical and experimental investigation is required.

Why investigation of impact loading?

The investigation of impact loading is of general interest. On the one hand, accident situations like rock fall, vehicle impact or plane crash and the high dynamic loads involved are not preventable. Therefore, the investigation of impact loading subserves the protection of buildings, especially of such buildings like hospitals, nuclear power plants requiring increased structural safety. This applies all the more, since impact loading mostly happens without precedent indication.

On the other hand, the theoretical fundamentals of the rather complex processes of crack initiation, concrete damage and concrete failure due to impact loading are of interest. The occurring cracks need not lead necessarily to failure, but they induce substantially changed material behaviour.



Rissmuster nach dem simulierten Versagen eines Betonwürfels
Crack pattern after simulated failure of concrete specimen

Why numerical simulation?

Although numerical simulations represent a virtual space and cannot replace real experiments, they allow the investigation of processes, which are rarely realisable in real life experiments due to high pressure, high temperature or danger of explosion, respectively. Furthermore, spatial and temporal variables are arbitrarily scalable, independently if the real process takes a few seconds or several months. Moreover, variables can be varied separately and independently.

A computer simulation represents a link between laboratory experiments and physical theory. The interaction of two particles – for example two solids or two molecules – can be described analytically. But already a three particle system causes analytical difficulties. Therefore, computer simulations are a suitable way to treat such problems.

Titel | Title

DEM-Simulation von Impaktvorgängen | DEM-Simulation of Impact processes

Förderer | Funding

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi); Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH als Projektträger des BMWi

Zeitraum | Period

10.2010 – 09.2013

Leiter | Project Manager

Prof. Dr.-Ing. Manfred Curbach

Bearbeiter | Contributors

Dipl.-Ing. Birgit Beckmann

Betonkonstruktionen unter extremen Beanspruchungen

Auf der Grundlage des 7. Forschungsrahmenprogramms der EU (Marie Curie International Outgoing Fellowships) arbeitet Prof. Steffen Marx für ein Jahr als Gastprofessor an der University of California San Diego. Dieses Kooperationsprojekt dient der Erforschung der Impact- und Erdbebenbeanspruchungen von Betontragwerken. Der Entwurf und die Bemessung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken als redundante Bauwerke, Containments und Schutzsysteme sind ein grundlegender Teil der aktuellen Sicherheits- und Zuverlässigkeitsforschung. Dabei ist ein klares Verständnis der verschiedenen Stoß- und anderer dynamischer Lasten sowie deren Interaktion mit Tragstrukturen aus Beton eine essentielle Basis für die realistische Modellbildung und Berechnung und damit für die Entwicklung von effektiven Schutzstrategien gegen Impact und andere extreme dynamische Beanspruchungen.

Im Rahmen des Projektes werden numerische Simulationen durchgeführt, die mit Hilfe von instrumentierten Impact- oder Shaking Table Tests validiert werden sollen. Das wichtigste Ziel ist dabei die Weiterentwicklung des Wissens über die verschiedenen Typen von Impact-Problemen und deren spezielle Anwendung auf Tragstrukturen aus Beton. Die Ergebnisse des Projekts sollen eine

klare Beschreibung derartiger Lasten mit Empfehlungen sowohl hinsichtlich ihrer geeigneten numerischen Modellierung als auch bezüglich ihrer Reproduzierbarkeit im Versuch geben. Außerdem soll das Projekt die Erfahrungen bei der Durchführung von hochdynamischen Versuchen und bei der Anwendung ihrer spezifischen Messmethoden (Hochgeschwindigkeitskameras und Photogrammetrie, Schallemission etc.) verbessern. Das Projekt soll zu einem besseren Verständnis von Kurzzeit-Response-Phänomenen von Betontragwerken führen und eine Grundlage für den Entwurf widerstandsfähiger Bauwerke unter solchen extremen Bedingungen zur Verfügung stellen.

Das zweite wesentliche Ziel des Projekts ist es, eine dauerhafte Kooperation zwischen den Forschern der University of California San Diego und der Technischen Universität Dresden zu etablieren. Diese Kooperation soll sowohl gemeinsame Forschungsprojekte beinhalten, als auch die Möglichkeit des Austausches von Studenten und Forschern bieten. Um die finanzielle Grundlage dafür zu schaffen, erarbeitet Prof. Marx während seines Aufenthalts an der UCSD entsprechende Forschungsanträge gemeinsam mit seinem Kollegen Benson Shing, einem UCSD-Experten für Erdbebeningenieurwesen und Betonkonstruktionen. Ein erster Austauschstudent der TU Dresden wird bereits von März bis Mai 2011 die UCSD besuchen.



Einzigartige versuchstechnische Möglichkeiten der UCSD:
Der große Rütteltisch
*Unique Testing facilities
of UCSD: The big Shaking Table*

Impact Loads on Concrete Structures

Based on a funding under the EU's Seventh Framework Programme (Marie Curie International Outgoing Fellowships) Prof. Steffen Marx is working as visiting professor at the University of California San Diego for a one year period. This cooperation project is devoted to the investigation of impact and earthquake loads on concrete structures. The design and dimensioning of concrete structures as redundant building structures, containments and other protection systems is a fundamental part of the present safety and reliability research. The clear knowledge of the various impact and other dynamic loads and of the interaction of those loads with reinforced or pre-stressed concrete structures is an essential basis for a realistic modelling and calculation and hence for the development of effective protection strategies against impact and severe dynamic loading.

The project uses the combination of both, numerical simulations as well as advanced testing methods using instrumented impact or shaking table tests for validation of the numerical models. The overall aim is to further develop the knowledge about the several types of impact problems and its special application on concrete structures. The result of the project should be a clear specification of these loads with recommendations for both, the suitable modelling and numerical simulation as well as the experimental reproduction.

Titel | Title

Betonkonstruktionen unter extremen Beanspruchungen | *Impact Loads on Concrete Structures*

Förderer | Funding

Europäische Union: Marie Curie International Outgoing Fellowships for Career Development

Zeitraum | Period

09.2010 – 08.2012

Leiter | Project Manager

Prof. Dr.-Ing. Manfred Curbach

Bearbeiter | Contributors

Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx

Partner | Partner

Prof. Frieder Seible (UCSD),
Prof. Benson Shing (UCSD)



Riesige Stickstoffbatterie
zum Speichern der hydraulischen Energie
*Huge Nitrogen Battery for Storage
of Hydraulic Energy*

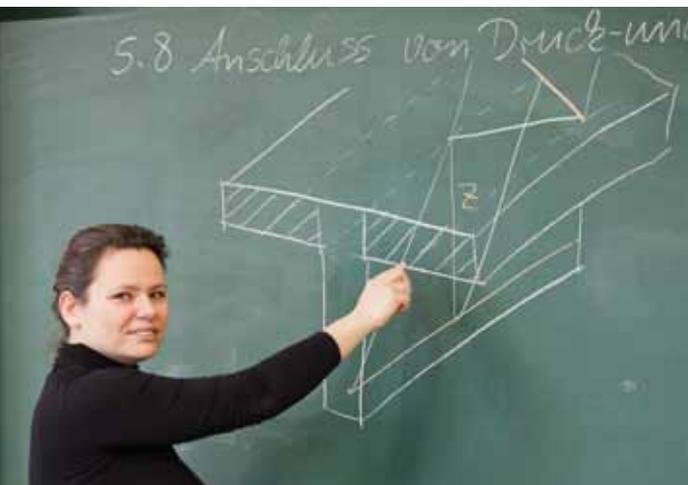
Furthermore, the project extends the experiences of impact and earthquake testing and the connected specific measurement methods (high-speed cineradiography and photogrammetry, acoustic emission, etc). The project will lead to advances of understanding of short-time response phenomena of concrete structures and provide a basis for designs capable of withstanding such severe environments.

The secondary main objective of the project is to establish a long-standing cooperation between the researchers from University of California San Diego and Technische Universität Dresden. This cooperation will consist of both, the collaboration in joint research projects as well as the possibility of exchange of researchers and students. To provide the prospective financial basis, Prof. Marx submits during his stay at UCSD proposals for common research projects together with his colleague Prof. Benson Shing, an UCSD-expert in earthquake engineering and concrete structures. One first exchange student from TU Dresden is already going to visit UCSD from March to May 2011.





LEHRE



LEHRE

LEHRVERANSTALTUNGEN DES INSTITUTES FÜR MASSIVBAU

Die Lehre stellt den wichtigsten Auftrag einer Universität dar. Auch am Institut für Massivbau an der Technischen Universität Dresden hat die Lehre Priorität. Für uns kommt es darauf an, mit dem Wissen auch die Begeisterung für unser Fach zu übertragen und die Studenten optimal auf den Beruf des Bauingenieurs vorzubereiten. Wir wollen die Faszination und Innovationskraft unseres Fachgebietes vermitteln und sehen die Studenten als Multiplikatoren, die nach dem Abschluss des Studiums dieses Wissen in die Praxis hinaustragen oder durch eine Tätigkeit in der Forschung weiterentwickeln.

Bewusst setzen wir dabei weiterhin auf den bewährten Abschluss als Diplomingenieur. "Der deutsche Ingenieur ist eine Instanz. Dieser Abschluss sichert ein Stück weit die Wettbewerbsfähigkeit der Ingenieure. Deshalb halten wir am Diplom fest!" sagte Prof. Marx in einem Interview. Nach einem dreijährigen Bachelor-Studium seien die Absolventen nicht einsetzbar, auch weil entsprechende Weiterbildungsprogramme innerhalb der Unternehmen fehlen. Deshalb halten wir an unserer Fakultät an einer fünfjährigen Ausbildungszeit fest. Die Anforderungen des Bologna-Prozesses, der ein Studium länderübergreifend ermöglichen will, sind dennoch erfüllt, da das Studium umstrukturiert und modular aufgebaut wurde.

Wir verstehen die Lehre als einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess. Wir arbeiten daran, unsere Methoden zu verbessern und sehen das Urteil der Studenten als einen wichtigen Gradmesser für unseren Erfolg. Wir sind stolz darauf, dass sich auch im Sommersemester 2010 drei von Prof. Marx gehaltene Vorlesungen im Stahlbetonbau und zum Entwurf von Massivbauwerken unter den elf am besten bewerteten Vorlesungen der Fakultät befinden. Darüber hinaus wollen wir hier mit den Studenten ins Gespräch kommen, um Anregungen und Kritik aus erster Hand zu erfahren. Gleichzeitig suchen wir Kontakt zur Bauindustrie, um auch deren Anforderungen an Hochschulabsolventen in die Vorlesungen einfließen zu lassen. So können wir unser Lehrkonzept ständig weiterentwickeln und in die Praxis umsetzen.

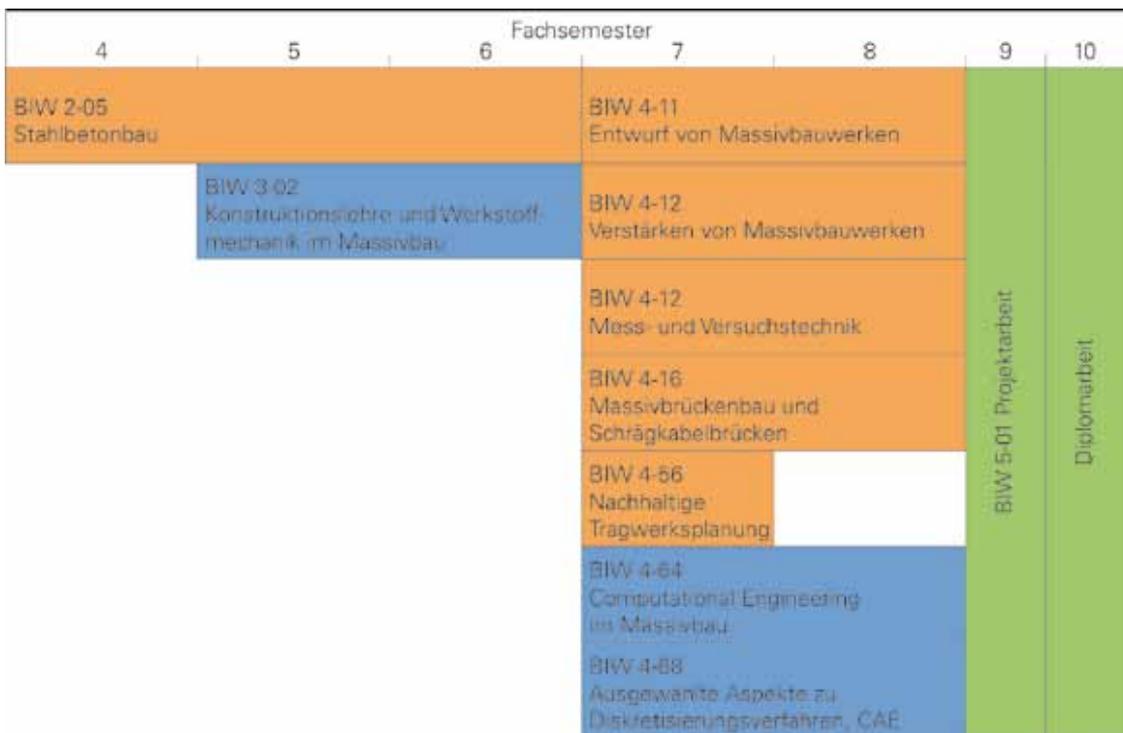
Aber auch das Lehre-Team selbst ist Veränderungen unterworfen. So hat Prof. Steffen Marx im August unser Institut verlassen und ist derzeit im Rahmen des Marie-Curie-Programms der DFG an der UC San Diego Jacobs School of Engineering tätig. Mit Frank Jesse, der derzeit eine Gastprofessur am Lehrstuhl für Massivbau der BTU Cottbus innehat, hat ein weiterer langjähriger Mitarbeiter unser Institut vorübergehend verlassen. Durch die stärkere Einbindung junger Kollegen in die Durchführung der Lehrveranstaltungen wer-

den neue Ideen eingebracht, die wir bewusst mit den langjährigen Erfahrungen von Prof. Curbach und unserer Postdoktoranden kombinieren und weiterentwickeln.

Das Institut beschäftigt mehr als 50 studentische Hilfskräfte. Durch die direkte Einbindung der Studentinnen und Studenten in die Forschungsarbeit wird ihre Motivation vergrößert und der direkte Kontakt gepflegt. Wir können an Hand von Forschungsprojekten die Vielfalt der Themen zeigen. Ob es um hochdynamische Belastungen, um leichtes und energieeffizientes Bauen, um die Verwendung von neuen Materialien oder um die Verstärkung von Tragwerken geht, all dies er-

fordert sowohl fundiertes Wissen als auch Phantasie und Kreativität – ein ideales Aufgabenfeld für junge Studenten und Ingenieure. Durch noch stärkere, frühzeitige Einbeziehung in die Lösung solcher Aufgabenstellungen wollen wir begabte und motivierte Studenten für eine weitere Tätigkeit am Institut gewinnen.

Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Institutes für Massivbau betreuen hauptsächlich Lehrveranstaltungen des Diplomstudienganges Bauingenieurwesen. Es werden aber auch Lehrveranstaltungen für den Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen und den Bachelorstudiengang Wasserwirtschaft angeboten.



Schematische Übersicht der Pflicht- und Wahlpflichtmodule der Vertiefung Konstruktiver Ingenieurbau im Grundfach- und Vertiefungsstudium



Grundlagen des Stahlbetonbaus

Stahlbetonbau (BIW 2-05)

Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, Dr.-Ing. Kerstin Speck (Vorlesung); Dipl.-Ing. Robert Ritter (Übung)

- 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. Ulrich Häußler-Combe (Vorlesung)

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

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

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

Aufbauend auf der vertieften Kenntnis der Baustoffeigenschaften sind die Studierenden in der Lage, werkstoffgerecht mit den Konstruktionselementen des Massivbaus umzugehen. Als wesentliche Grundlage besitzen sie hierzu die Fähigkeit, die Fachwerkmodelle des Massivbaus zu verstehen und richtig anzuwenden. Sie erkennen die speziellen Trageigenschaften von Platten, Scheiben, Fundamentkörpern aus Stahlbeton und berücksichtigen dies bei deren Bemessung, 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. Steffen Marx, Dipl.-Ing. Katrin Schwiteilo (Vorlesung); Dipl.-Ing. Steffen Schröder (Seminar)

7. Semester: 2 SWS Vorlesung

8. Semester: 1 SWS Vorlesung / 3 SWS Seminar

Inhalt des Moduls ist der Entwurf von Ingenieurbauwerken wie Brücken, Hochhäusern, Türmen und anderen Bauwerken unter Berücksichtigung geeigneter Konstruktionsweisen und Bautechnologien sowie deren funktionaler und gestalterischer Wirkung.

Die Studierenden beherrschen nach Abschluss des Moduls die Grundprinzipien des konzeptionellen Entwurfs von Tragwerken. Sie kennen die üblichen Tragwerkstypen für die verschiedenen Arten von Ingenieurbauwerken und sind in der Lage, dieses Wissen auf spezifische örtliche und funktionale Situationen anzuwenden. Sie verstehen die ganzheitlichen Entwurfskriterien hinsichtlich Form und Konstruktion, Funktionalität sowie Ökologie und Ökonomie.

Die Studierenden können selbständig 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. Steffen Marx, Dipl.-Ing. Gregor Schacht (Vorlesung); Dr.-Ing. Kerstin Speck, Dipl.-Ing. Gregor Schacht (Übung)

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-kon-

struktiven 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. Steffen Marx,
Dr.-Ing. Frank Jesse (Vorlesung)

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.



Bauen im Bestand: Seebad Prora

Sie sind mit den verschiedenen Brückentypen, wie Balken-, Bogen-, Schrägkabel- und Hängebrücken vertraut und in der Lage, 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 Herrn Dipl.-Ing. Svensson gehalten wird (1 SWS Vorlesung und 1 SWS Übung).

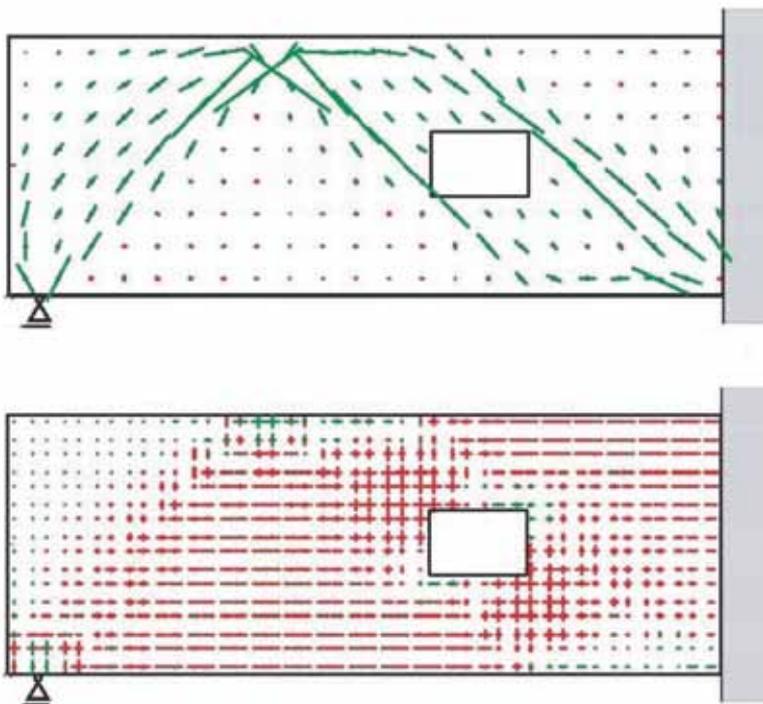
Bauökologie - Bautechnik (BIW 4-56)

Dr.-Ing. Kerstin Speck (Vorlesung)

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 einschließlich Asphalt. Die Studierenden wissen um Aufbereitungstechniken anfallenden Bauschutts



Computational Engineering im Massivbau

und die Wiederverwendung des so gewonnenen Materials.

Außerdem sind ihnen Besonderheiten der nachhaltigen Bauwerksplanung, der Produktion, des Transportes 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. Ulrich Häußler-Combe (Vorlesung)

7. Semester:
2 SWS Vorlesung und 1 SWS Übung
8. Semester:
2 SWS Vorlesung und 1,5 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 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 ebenfalls 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.

Ausgewählte Aspekte zu Diskretisierungsverfahren, CAE (BIW 4-68)

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Häußler-Combe (Vorlesung)

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

Inhalt des Moduls sind die erweiterten Diskretisierungsmöglichkeiten für Problemstellungen der Kontinuumsmechanik, insbesondere die Darstellung diskontinuierlicher Felder, weiterhin die Strömungsmechanik und die Fluid-Struktur-Interaktion sowie deren Anwendungsmöglichkeiten. Einen weiteren Schwerpunkt bilden die Grundlagen adaptiver Diskretisierungsverfahren.

Die Studierenden kennen nach Abschluss des Moduls erweiterte finite Elemente (XFEM), elementfreie Galerkinverfahren (EFG) und ihre Anwendungsmöglichkeiten auf Kontinua mit Diskontinuitäten, z. B. Rissen. Sie verstehen die Unterschiede zwischen der Lagrange-Beschreibung und der Eulerschen-Beschreibung eines Kontinuums sowie die Methodik ihrer Kopplung mit der ALE-Beschreibung. Sie begreifen die Verfahren der Fluid-Struktur-Interaktion und sind in der Lage, diese auf entsprechende Problemstellungen anzuwenden. Schließlich überschauen sie die wesentlichen Ansätze der Fehlerschätzer für Finite-Elemente-Verfahren und der darauf aufbauenden adaptiven Diskretisierungsmethoden.



PROJEKTARBEITEN

WINTERSEMESTER 09/10

Im 9. Semester wird im Diplomstudiengang Bauingenieurwesen 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, Fähigkeiten und Fertigkeiten sind möglichst selbständig, 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.

Natalie Parc

Verbindungsbrücke auf der Basis einer textilbewehrten Segmentbrücke (Großer Beleg)

Im Rahmen der Projektarbeit wurde eine Fußgänger-Verbindungsbrücke zwischen zwei Gebäuden entworfen, die aus textilbewehrtem Beton hergestellt werden soll. Dabei soll der Textilbeton möglichst viele Funktionen direkt übernehmen – tragende und raumbildende Funktionen sollen dabei kombiniert werden. Die Konstruktion soll die neuen Möglichkeiten des Textilbetons wie freie Formbarkeit und Modellierbarkeit berücksichtigen und den Besonderheiten des Materials Rechnung tragen.

Lisa Funke

Großversuche zur Verstärkung mit Textilbeton (Großer Beleg)

Textilbeton ist eine vielversprechende Kombination zweier Baustoffe, die es den Ingenieuren von heute erlaubt, neuartige Bauvorhaben zu verwirklichen und andere Wege in der Formgestaltung von Bauwerken zu gehen. Bei zahlreichen Verstärkungsmaßnahmen stellt der Textilbeton im Vergleich zu anderen betrachteten Verstärkungsmethoden die beste Alternative im Hinblick auf Leichtigkeit und Traglaststeigerung dar. Ziel dieser Arbeit war es, die für Großversuche an

textilbetonverstärkten Stahlbetonbauteilen notwendigen Bemessungen durchzuführen. Hierfür wurden Platten, Plattenbalken und Stützen nach ihren Geometrien, Beton-, Stahl und Textileigenschaften dimensioniert.

Stefan Walther

Untersuchung des Verformungsverhaltens von VFT-Brücken (Großer Beleg)

Als Verbund-Fertigteil-Brücken, so genannte VFT®-Brücken, bezeichnet man eine spezielle Ausführungsvariante von Verbundbrücken, bei denen die tragende Wirkung durch einen oder mehrere Stahlträger, Stahlbetonfertigteile und eine mittragende Ortbetonschicht erzielt wird. Im Rahmen der Projektarbeit wurden verschiedene Einflüsse auf das Verformungsverhalten untersucht, die Wirtschaftlichkeit von VFT®-Brücken im Komplex z. B. hinsichtlich der Verkehrssituation, des statischen Systems und der zu überbrückenden Spannweite bewertet. Ein weiterer Punkt ist die Auswertung von konkreten Phasen des Bauablaufes, die Betrachtung des Einsatzes von Hilfsunterstützungen bei der Montage von VFT®-Brücken und der Vergleich des Herstellungspreises bezüglich einer Variation des Bauablaufes.

Tibor Sipos

Überprüfung der Reussbrücke Gnadenthal (Großer Beleg)

Die Reussbrücke Gnadenthal ist Bestandteil einer Ortsverbindung von untergeordneter Bedeutung im schweizer Straßennetz. Trotz mehrmaliger Verstärkung hält die über 100-jährige Brücke dem ständig wachsenden Verkehrsaufkommen nicht mehr Stand. Bis zur Erstellung des Ersatzbauwerkes soll die Brücke aber für weitere 10 Jahre im Betrieb bleiben. Im Rahmen der Projektarbeit wurde der Zustand der Brücke bewertet und Maßnahmenempfehlungen gegeben. Diese reichen von akuten Kleinreparaturen zur Gewährleistung der Standsicherheit zum jetzigen Zeitpunkt bis zur Ausarbeitung eines Konzeptes zur Teilerneuerung für die restliche Nutzungsdauer und zur weiteren Untersuchung und Bewertung des Ermüdungsverhaltens. Ebenfalls betrachtet wurde eine Vollsanierung der Brücke, die aber zu kostenintensiv ist und damit ökonomisch keine Alternative zum Neubau darstellt.

Marcus Krug, Steffen Müller

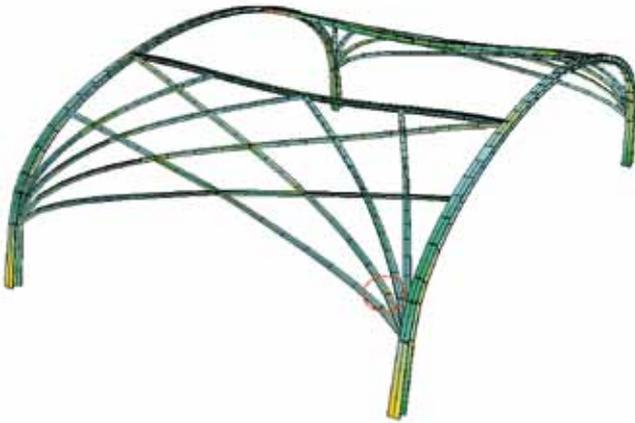
Machbarkeitsstudie zu einer Netzbogenbrücke aus hochfestem Beton (Großer Beleg)

In der Projektarbeit wird gezeigt, dass die Realisierung einer Netzbogenbrücke mit Betonbögen technisch möglich und wirtschaftlich ausführbar ist. Durch das vergleichsweise hohe Eigengewicht und eine optimierte Hängernetzanzordnung bleibt der Bogenquerschnitt stets unter Druckspannungen, was geringe Bewehrungstahlmengen zur Folge hat. Die Haupttragglieder der Vorzugsvariante wie Bogen, Fahrbahn und Hänger wurden bzgl. der Tragsicherheit, der Gebrauchstauglichkeit und der Ermüdung nachgewiesen. Zusätzlich wurde weiteres Optimierungspotential hinsichtlich der Bogenschlankheit aufgezeigt und eine Umweltbetrachtung auf der Basis einer CO₂-Bilanz durchgeführt. Gegenüber einer Stahlvariante stellt der Betonbogen unter den gegebenen Randbedingungen eine sehr umweltgerechte, ressourcenschonende und somit wirtschaftliche Variante dar.

Matthias Quast

Entwurf einer freitragenden Textilbetonschale (Großer Beleg)

Zielstellung des Beleges war die Erarbeitung eines parametrisierten Finite-Element-Modells für eine über 18 m freitragende Kugelschale, die als Überdachung einer Freilichtbühne dienen soll. Zur Versteifung der mit drei bis vier Zentimetern sehr dünnen, am vorderen Rand offenen Schale wurde ihr eine variable Anzahl von Sinuswellen aufmodelliert. Mit Hilfe der vielfältigen Parametrisierung für die Geometrie der Kugelschale, der Sinuswellen und der Netzgenerierung wurde das Verhalten der Textilbetonschale am Modell betrachtet. Nach der Festlegung einer Vorzugsgeometrie wurden weitere Problemfelder aufgezeigt und Lösungsansätze für fortführende Untersuchungen aufgezeigt. Ein wichtiger Gesichtspunkt war hierbei der viel zu weiche freie Schalenrand, für dessen Stabilisierung eine reine Seilverspannung und eine Kombination aus Druckstäben und Seilen miteinander verglichen und weitere Möglichkeiten aufgezeigt wurden. Als Ergebnis zeigt die Arbeit die prinzipielle Machbarkeit des Bauwerkes auf und weist auf weitere Untersuchungsmöglichkeiten hin.



DIPLOMARBEITEN UND MASTERARBEITEN

IM JAHR 2010

Die Diplomprüfung bildet den berufsqualifizierenden Abschluss des Studienganges. In der Diplomarbeit 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. Am Institut für Massivbau wurden im Jahr 2010 die folgenden Diplomarbeiten betreut.

Katrin Schwiteilo

**Entwurf von Tragstrukturen –
Natur, Architektur und Ingenieurbau**
(Diplomarbeit)

Betreuer:

Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, Dipl.-Ing. Dirk Jesse

In der Diplomarbeit wurden Tragprinzipien von natürlichen Strukturen analysiert und natürliche Strukturen auf verschiedenen Maßstabsebenen (Mikro, Meso und Makro) untersucht. Daraus sind allgemeingültige Grundsätze für den Entwurfsprozess abgeleitet worden, die einen leicht umsetzbaren und effektiven Leitfaden bilden. Die Natur behält die Gesamtheit einer Struktur „im Auge“ und optimiert sie in einem langen Evolutionsprozess. Die Einzelfunktionen werden dabei nicht optimal ausgebildet, da sie sonst meist die Gesamtfunktion beeinträchtigen.

Im zweiten Teil der Arbeit sollten diese Prinzipien zur Analyse verschiedener Beispiele der gebauten Umwelt angewendet werden. An Hand der MEDIATHEK in Sendai wird gezeigt, wie sich eine unterbewusste Orientierung an den natürlichen Grundprinzipien positiv auf das gesamte Gebäude auswirkt. Trotz der reinen Fiktion des Architekten ist eine einzigartige, funktionelle Tragstruktur und ein den Anforderungen in höchsten Maße gerecht werdendes Gebäude entstanden.

Abschließend wurde als Alternative zur realisierten Zentralhaltestelle am Postplatz in Dresden eine ei-

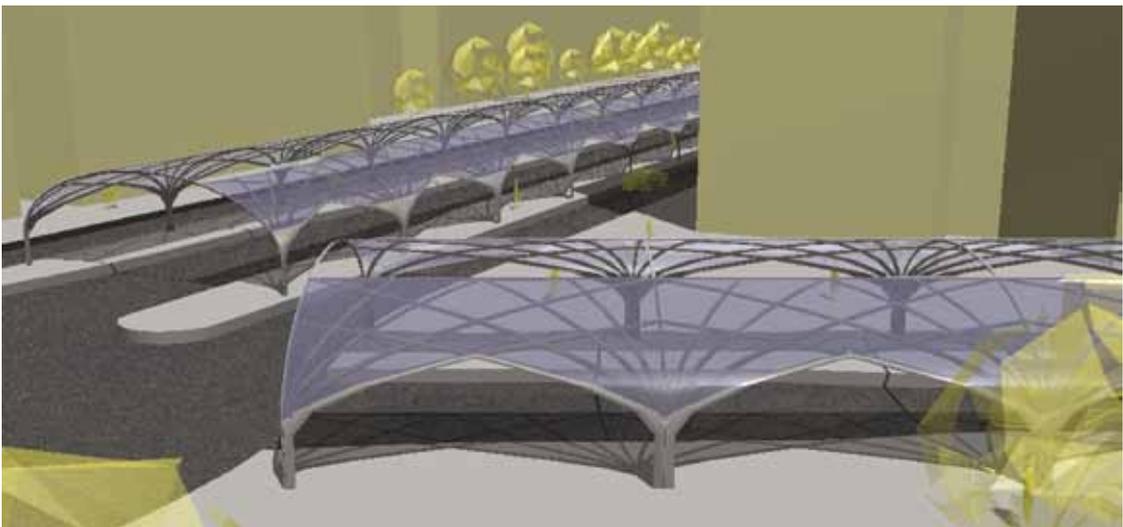
gene Tragstruktur für eine Überdachung entwickelt. Anhand dieser Struktur konnte die Anwendung von bionischen Entwurfsprinzipien verdeutlicht werden. Es entstand ein neuartiges und modernes Tragwerk, das durch die Kombination verschiedener Tragwirkungen sehr komplex, damit aber auch effizient und Ressourcen sparend ist. Eine gewisse Anlehnung an natürliche Strukturen ist unübersehbar. Die Umsetzung ist dennoch keine Naturkopie. Die Realisierbarkeit der außergewöhnlichen Konstruktion wurde im Anschluss nachgewiesen.

Jürgen Banzer

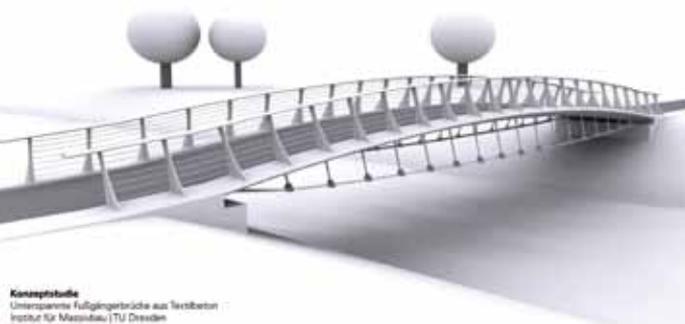
**Entwurf einer Segmentbrücke aus Beton mit
Unterspannung**
(Diplomarbeit)

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx,
Dr.-Ing. Frank Jesse, Dr.-Ing. Torsten Hampel

Auf dem Gelände der Fa. Hohenbuschei GmbH & Co. KG in Dortmund soll eine Fußgängerbrücke errichtet werden. Um filigrane und schlanke Tragwerkstrukturen zu ermöglichen, wird der Einsatz des neuartigen Baustoffs Textilbeton in Erwägung gezogen. Ein bereits bestehender Entwurf einer Textilbeton-Fußgängerbrücke wurde durchgearbeitet, untersucht, optimiert und die einschränkenden Randbedingungen für den Entwurf ermittelt. Dafür werden verschiedene Unterspannungsvarianten mit ihren entsprechenden maximal aufnehmbaren Normalkräften untersucht, sowie eine Schwingungsanalyse und die notwendigen Fugennachweise durchgeführt.



Bionischer Entwurf zur Zentralhaltestelle Postplatz in Dresden



3D-Animation

Die Analysen zeigen, dass zahlreiche Entwurfsvarianten möglich sind. Dabei wird deutlich, dass die Eigenfrequenzen sowie die Durchbiegung der Tragsysteme sehr von der Art der Unterspannung abhängen.

Unter Beachtung diverser Randbedingungen, wie der maximalen Durchbiegung und den Ergebnissen der Schwingungsanalyse, stellt ein Stich von 1,5 m mit einer maximal erreichbaren Schlankheit von 14 den bestmöglichen Kompromiss der Funktionalität des Tragsystems dar.

Generell könnte das System mit unterschiedlichen Unterspannungssystemen realisiert werden, von der wirtschaftlichsten Variante mit minimal einem Spiralseil bei einer maximalen Durchbiegung von 77 mm bis zur Variante mit vier Spiralseilen. Allerdings führt die Unterspannung mit einem Seil zu einer praktisch nicht mehr umsetzbaren Erhöhung der erforderlichen zusätzlichen internen Vorspannung des Obergurtes. Aus den Betrachtungen zur Unterspannung ergibt sich, dass durch die Variante mit vier Spiralseilen die Vorteile – eine geringere Durchbiegung und günstigere Eigenfrequenzen – überwiegen.

Tibor Sipos

Überprüfung der Steinschlagschutzgalerie 3 am Lopper

(Masterarbeit)

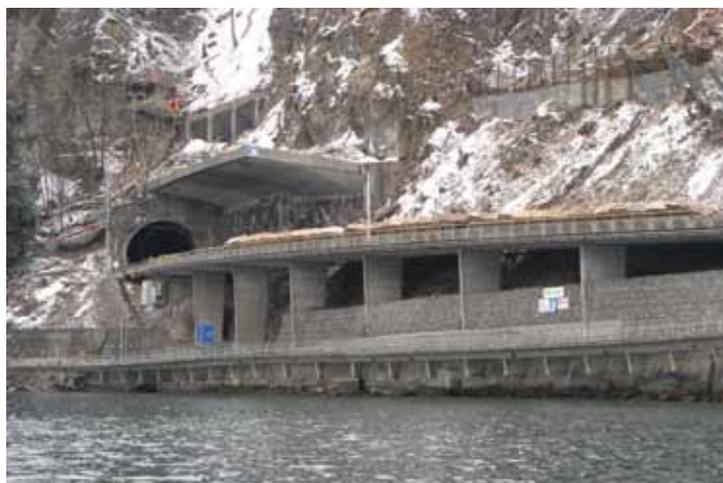
Betreuer:

Prof. Thomas Vogel, Sara Ghadimi-Khasraghy (ETH Zürich), Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx

Im Oktober 2009 ist die Nationalstraße N2 im Kanton Nidwalden (CH) durch Steinschlag beschädigt worden. Nach einer Vollsperrung dieses Streckenabschnittes wurden umfangreiche Sanierungs- und Sicherungsarbeiten durchgeführt. Im Rahmen dieser Masterarbeit wurde die Galerie 3 näher untersucht, um ihre Tragsicherheit und Robustheit zu bestimmen.

Die Arbeit bietet zunächst einen Überblick über die Probleme bei Steinschlagschutzgalerien. Außerdem konnten einige konkrete Aussagen über die Galerie 3 getroffen werden. So ist das Bauwerk beispielsweise in der Lage kleine Steinschläge aufzufangen. Bei Ereignissen mit Steinen, die größer sind als beim 30-jährigen Ereignis, ist es jedoch als kritisch einzustufen.

Die Bestimmung der bemessungsrelevanten Schnittgrößen erfolgt mit Hilfe von Handrechnungen und einem Finite-Elemente-Modell. Da diese Methoden nur eine statische Betrachtung bieten, kommt außerdem das 2009 von Kristian Schellenberg vorgestellte dynamische Modell zum Einsatz, das auf einem Dreimassenschwinger basiert. Mit diesem Modell ist es möglich, die komplexen Zusammenhänge zwischen Steinschlag,



DA Sipos Steinschlagschutzgalerie

Bild: Sara Ghadimi

Eindeckung (Dämpfungsschicht) und Konstruktion numerisch zu erfassen.

Aus dem Vergleich der drei verschiedenen Methoden konnte eine genaue Aussage getroffen werden, was vom Bauwerk zu erwarten ist, um dann einige Maßnahmeempfehlungen abzugeben.

In der Maßnahmenempfehlung werden einige Möglichkeiten aufgezeigt, wie die Robustheit des gesamten Systems verbessert werden kann. Aus der Risikoanalyse geht hervor, dass die alleinige Betrachtung der Galerie nicht ausreichend ist. Die Galerien können zwar verstärkt werden, aber als Ingenieur muss man den Gesamtsicherheitsaspekt dieses Gebietes im Auge haben. Deshalb wird gesondert beschrieben, wie das Risiko weiter vermindert werden kann.

Lisa Funke

Biegetragfähigkeit von großformatigen Stahlbetonplatten mit Textilbetonverstärkung

(Diplomarbeit)

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Manfred Curbach,
Frank Schladitz M.Sc.

Viele Stahlbetonbauwerke stoßen im Laufe ihres Lebens aufgrund von Alterungs- und Abnutzungserscheinungen, Schwächen des ursprünglichen Entwurfs, sowie baulichen Mängeln während der Errichtung an ihre Grenzen. Insbesondere bei der Umnutzung von Bauwerken werden neue Anforderungen an das statische System gestellt und machen bautechnische Veränderungen notwendig. Mit dieser Diplomarbeit wurde Textilbeton als neuer, viel versprechender Baustoff untersucht, um den zahlreichen Schwächen der bisher verwendeten Verstärkungsmaßnahmen zu begegnen.

Im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 528 der TU Dresden werden das Verhalten und mögliche Verarbeitungswege von Textilbeton umfassend erforscht, um damit mittelfristig den standardisierten Einsatz des Baustoffes zu ermöglichen. Mit den Großbauteilversuchen an



Aufbringen der textilen Verstärkungsschicht auf die Versuchsplatte

Platten mit 7 m Länge, 1 m Breite und 0,23 m Höhe sollten die bisher gewonnenen Erkenntnisse auf realitätsnahe Bauteilgrößen ausgeweitet werden. Als textile Bewehrung wurden dabei Gelege aus Karbon verwendet.

Als Ergebnis konnte eine Erhöhung der aufnehmbaren Kraft festgestellt werden. Während der Kurzzeitversuche wurde eine Steigerung von bis zu 470% bei bis zu vier Lagen Textilbeton in Relation zur unverstärkten Stahlbetonplatte beobachtet. Die Steigerung der Traglast nimmt dabei mit zunehmender Lagenanzahl geringfügig ab, was insbesondere im Hinblick auf das Kosten-Nutzen-Verhältnis einer weiteren Verstärkungslage interessant ist. Des Weiteren wurde beobachtet, dass es zu einer Verkleinerung des Rissabstandes durch die Verstärkungsschicht kommt.

Neben den Kurzzeitversuchen wurde ein Dauer Versuch mit einer vierlagig verstärkten Stahlbetonplatte durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass es durch die Belastung über einen längeren Zeitraum zu keiner Reduzierung der Traglast kam.



WISSENSCHAFT IST MEHR...

Selbstverständlich steht die Forschung 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.

Wenn dann aus dem Kreis der hier Lernenden eigene Aktivitäten entstehen, freut uns das besonders – und wir unterstützen diese Ideen, die ja neben dem eigentlichen Studium realisiert werden, immer wieder gerne!

Nahe an der Wissenschaft (und dennoch in diesem Kapitel aufgelistet, weil zusätzlich zur eigentlichen Arbeit entstanden) sind die Aktivitäten unserer Doktoranden, die sich beim Doktorandensymposium 2010 des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton beteiligten und dort erfolgreich abschnitten!

4500 km, über 50 Brücken, 8 Zeltplätze und unzählige schöne Erlebnisse

Geschafft, aber auch beeindruckt kamen die 17 Studenten des 8. Semesters und die beiden Betreuer Dipl.-Ing. Steffen Schröder und Dipl.-Ing. Gregor Schacht vom Institut für Massivbau nach zehn ereignis- und brückenreichen Tagen von der Brückenbauexkursion des Institutes für Massivbau nach Frankreich wieder in Dresden an. Zwischen Abfahrt und Ankunft lagen über 4500 km, über 50 Brücken, 8 Zeltplätze und unzählige schöne Erlebnisse.

Erster Stopp war an der Marne östlich von Paris, wo Freyssinet vor über 60 Jahren eine ganze Serie von Segment-Spannbetonbrücken baute. Fasziniert von der Genialität Freyssinets ging es weiter nach Paris. Neben Eiffelturm und Sacre-Coeur war hier das Labor der École des Ponts et Chaussées ein Hauptpunkt. Ein Treffen mit Prof. Curbach und den Wissenschaftlern der großen französischen Ingenieurschule wurde neben den interessanten Vorträgen durch eine ausgiebige Laborführung abgerundet.

Nord-westlich von Paris gab es dann Führungen am Pont de Normandie und Tancarville – großartige Zeugnisse der französischen Brückenbaukunst und für die Studenten ein Spaziergang durch einen Hohlkasten und Spannglieder zum Anfassen.

Danach ging es Richtung Süden, wo vor allem das Viadukt de Millau alle beeindruckte. Der höchsten Brücke Europas folgten die ältesten – viele kleinere Viadukte aus der Römerzeit und schließlich der Pont du Gard. Über Marseille und ein Bad im Mittelmeer ging es durch die malerische Provence und durch das Ardechetal nach Lyon.

Lyon gefiel nicht nur durch die wunderschöne Altstadt, sondern auch durch die vielen Fußgängerbrücken! Und da Ausprobieren Teil des Lernens ist, wurde hier die Dynamik von Fußgängerbrücken getestet. Die Besichtigung des Katzenbergtunnels rundete die Fahrt ab, bevor es wieder nach Dresden ging.



Gruß
aus Frankreich

Lange Nacht der Wissenschaften 2010

Die jährlich im Sommer durchgeführte Lange Nacht der Wissenschaften war auch dieses Jahr wieder eine gelungene Veranstaltung. Die Bauingenieure waren zahlreich vertreten und gaben den fast 1000 Besuchern auf der Wiese hinter dem Beyer-Bau einen Einblick in die Forschung.

Das Institut für Massivbau war nicht nur für die Organisation der Bauingenieur-Veranstaltung zuständig, sondern beteiligte sich mit mehreren Mitarbeitern. Neben der unterhaltsamen Wissensvermittlung sorgte die Fachschaft für das leibliche Wohl der Gäste und die Band „Cosmic Noise“ für die musikalische Umrahmung der Veranstaltung.

Der Charme der Veranstaltung liegt in der Möglichkeit für Jung und Alt, durch „begreifen“ im wörtlichen Sinne zu verstehen, dass Wissenschaft nicht im Elfenbeinturm statt findet – und Forschung (und die damit verbundene Lehre) Spaß machen!

Viele Dinge sind verblüffend. Manche verblüffend einfach, hin und wieder aber auch reichlich komplex. Derlei Kompliziertes aufzudröseln hingegen bereitet offensichtlich Vergnügen – und wenn Wissenschaftler und Laien auf Augenhöhe miteinander reden, gibt es Aha-Effekte für alle Beteiligten.

Verschiedenste Experimentalvorführungen von Glasbauern, die Glasscheiben zerschmetterten, Brückenbauern die Brücken krachen ließen, Grundbauern die Sand verflüssigten und Was-



Beton am Stiel

serbauer die Landschaften fluteten, zeigten den Gästen die Vielfältigkeit des schönen Bauingenieurberufes.

Auch für ganz junge Gäste war gesorgt. Für die Kleinsten „Baumeister“ gab es reichlich Möglichkeiten, sich selbst auszuprobieren, sei es beim Bauen mit Sandsteinen oder beim Backen von „Beton am Stiel“.

Wer lieber auf Beton als mit Beton spielte, hatte auf dem SpielOrt ausreichend Gelegenheit dazu. Unsere Studentinnen und Studenten haben auf der Wiese hinter dem Beyer-Bau mit Textilbeton-Elementen die Anfänge eines Lauf-, Sitz- und Kletterbands geschaffen, das an diesem Abend von Kindern wie Studenten in Besitz genommen wurde. Eines wissen wir schon für das nächste Jahr: Am 01. Juli sind wir wieder mit dabei und freuen uns auf kleine und große Gäste, Hauptsache, sie sind neugierig.



Bauen mit Sandsteinen



SpielOrt - aus Textilbeton

Manos-Schüler bei den Bauingenieuren

Im Februar 2010 fand wieder einmal die TU-Projektwoche für die 7. und 8. Klassen des Martin-Anderson-Nexö Gymnasiums statt. Die Fakultät Bauingenieurwesen bot wieder interessante Einblicke in das weite Feld des Bauingenieurwesens.

Die "Techniken der Mineralbestimmung" erfuhren aus berufenem Mund zwei Schüler.

Dipl.-Geologe Wolfgang Lange vom Institut für Geotechnik, der auch die Geologische Sammlung betreut, machte die Schüler mit den Möglichkeiten der Mineralbestimmung vertraut. Mit visuellen und mikroskopischen Untersuchungen wurden die Eigenschaften wie Härte, Spaltbarkeit etc. mit geeigneten Untersuchungen am Institut untersucht.

"Beton und Stahl – zwei gute Freunde?!" fragte sich und seine beiden Schüler **Dipl.-Ing. Steffen**

Schröder vom Institut für Massivbau. Die Schüler lernten, wann Beton zum ersten Mal eingesetzt wurde, wie ein Gärtner den Stahlbeton erfand und warum der Stahl in den Beton kommt. Im Zuge des Praktikums wurden im Otto-Mohr-Labor Probekörper aus Beton hergestellt und verschiedene Probekörper bis zur Zerstörung belastet.

Die "Durchbiegung von Balken" behandelte **Dipl.-Ing. Joachim Finzel** mit zwei Schülern: Balken tragen Lasten, man denke nur am Dachbalken. Was wäre, wenn der Dachdecker Ziegel auflegt und sich die Balken unter der Last durchbiegen? Viele Materialien wie Holz oder Stahl sind auch mehr oder weniger elastisch und werden sich bei Belastung verbiegen. Gut, wenn man vorher weiß, wie stark sich so ein Balken verbiegen wird...



Schüler des Dresdner Martin-Anderson-Nexö Gymnasiums waren eine Woche bei den Bauingenieuren zur Projektwoche. Hier mit zweien ihrer Betreuer, Dipl.-Ing. Steffen Schröder und Dipl.-Ing. Joachim Finzel, in einem Laufrad aus Textilbeton



Weihnachtsfeier
im Otto Mohr Laboratorium

...nicht nur mit den Mitarbeiter(innen)
des OML und des Instituts, sondern
auch mit vielen Ehemaligen!



Ein Kicker aus Textilbeton

Kai Schneider hatte die Idee: Einen Kicker aus Textilbeton zu bauen. Aber die Herstellung eines jeden Gegenstandes kostet Geld und Zeit. Für die Lösung von Problem eins fand sich – Dank Vermittlung durch Prof. Manfred Curbach, dem Sprecher des Sonderforschungsbereichs 528, in dem die Grundlagen des Textilbetons erforscht werden – die Torkret Substanzbau AG. Problem zwei, die Zeit, ist für einen zünftigen Dresdner Bauingenieur-Studenten keins: Hier wird viel für das Studienziel "Diplom-Ingenieur" gelernt, in der Freizeit gewerkelt und gefeiert – irgendwie kriegen die das ganz gut hin. Zusammen mit Claudia Zwieg und Sebastian Klemm entstand im Baustofflabor der TU Dresden ein Kicker aus Textilbeton.

Es blieb nicht bei diesem einen Exemplar: Die Nachfrage wuchs, und beim Nachbau wurde die Konstruktion immer wieder verfeinert und das Gesamtgewicht auf 200 Kilo heruntergeschraubt. Der bislang leichteste Kicker aus der Mini-Serie ist auf Messen zu sehen. Zum Einspielen stand er jetzt sogar einen Nachmittag auf der Wiese hinter dem Hörsaalzentrum, ganz in der Nähe vom Beyer-Bau...

Die Tragfähigsten kommen aus Dresden

In Kaiserslautern trafen sich im November rund 180 Professoren und NachwuchswissenschaftlerInnen zum Doktorandensymposium 2010 des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton. Dabei ging es – natürlich – um den Austausch wissenschaftlicher Ergebnisse, aber es gab auch zwei Wettbewerbe. Zum einen war ein Preis **“Wissenschaftsreportage”** ausgeschrieben – weil “kreative und innovative Leistungen der Bauforschung in der Öffentlichkeit oftmals keine angemessene Beachtung finden”. Zwei der fünf Dresdner Delegierten wurden mit einem Sonderpreis ausgezeichnet: Dipl.-Ing. Gregor Schacht und Dipl.-Ing. Alexander Lindorf. Ihre Reportagen sind auf den beiden folgenden Doppelseiten abgedruckt.

Siegreich war das Dresdner Team im zweiten Wettbewerb. Sie schnitten beim **UHPC-Wettbewerb** am besten ab. UHPC steht für Ultra High Performance Concrete, zu deutsch Ultrahochfester Beton. Beim Wettbewerb ging es darum, eine punktgelagerte Platte aus Hochleistungsbeton anzufertigen, die bei geringem Gewicht eine möglichst hohe Tragfähigkeit erzielt. 30 Kilo sollte die Platte selbst höchstens wiegen, die Abmessungen waren natürlich auch festgelegt: genau 1400 mm x 800 mm. Drei unterschiedliche Platten hatte das Dresdner Team hergestellt – wobei eine leicht über 30 Kilogramm wog und von vornherein mit der Bemerkung eingeschickt wurde: “Wir wissen, dass sie zu schwer ist – aber bitte prüft sie dennoch außerhalb der Wertung!”

Die Nachwuchsforscher vom Institut für Massivbau und dem Institut für Baustoffe hatten freilich mit allen drei Platten die Nase vorn. Frank Schladitz vom Institut für Massivbau: “Das war eine echte Teamarbeit. Neben mir und Dr. Marko Butler vom Institut für Baustoffe als Betreuer haben vor allem die beiden Studenten Mario Liebelt und Marc Koschemann geholfen, das Projekt zu realisieren!” Außerdem mit dabei beim Betonieren waren Rainer Belger, Daniel Ehlig, Dr. Frank Jesse, Enrico Lorenz, Katrin Schwiteilo und Dr. Kerstin Speck. 29,93 Kilonewton pro Quadratmeter betrug die Traglast von Dresden II – mehr als doppelt soviel wie die des Zweitplatzierten



Oben: Das Team beim Betonieren

Unten: Dipl.-Ing. Johann Gottfried Löwenstein, geschäftsführender Gesellschafter der mb AEC Software GmbH (rechts) überreicht den ersten Preis an Frank Schladitz von der TU Dresden

vom Team Braunschweig (14,2 kN/qm) und mehr als das Dreifache des Drittplatzierten (Firma durcrete, 8,83 kN/qm). Alle drei Platten wogen annähernd gleich viel: ca 29,5 kg. (Die anderen beiden Platten aus Dresden lagen mit 27,38 kN/qm und 25,14 kN/qm ebenfalls weit über den Werten des Feldes – aber gewertet wurden die Mannschaftsleistungen.)

Woran es lag, dass die Dresdner Bauingenieure so gut abschnitten? “Wir haben hier das Know-how sowohl im Bereich UHPC als auch Textilbeton. Die Siegerplatte war hergestellt aus einem UHPC mit einer dreilagigen Carbonbewehrung: Die Mischung macht’s!”

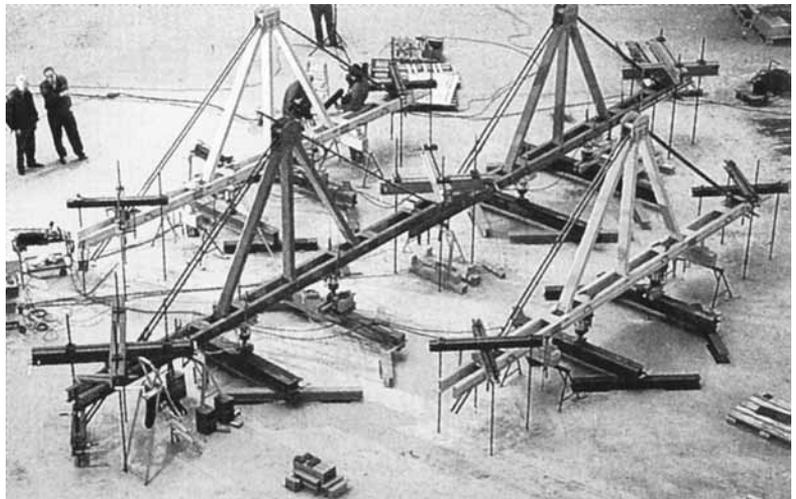
Großer Lauschangriff auf alte Bauten

Dresdner Bauingenieure wollen Bausubstanz erhalten helfen

Alles wird älter! Nicht nur die Lebenserwartung der Menschen steigt stetig an, sondern auch die unserer Bauwerke. Wir haben über die vergangenen Jahrhunderte einen riesigen Wert an bestehender Bausubstanz geschaffen, und dieser ist nicht so einfach zu ersetzen. Nicht nur die große wirtschaftliche Bedeutung, sondern auch der ideelle Wert der vorhandenen Bauwerke zwingt uns dazu umzudenken. So sind heute schon mehr Bauingenieure damit beschäftigt bestehende Bauwerke zu erhalten anstatt neue zu bauen. In Dresden haben Forscher einen Weg gefunden, mit Hilfe von innovativen Messtechniken mögliche Schädigungen von Bauteilen rechtzeitig zu erkennen.

Der Umgang mit bestehenden Gebäuden erfordert eine ganz andere Herangehensweise als dies für die Planung eines neuen Bauwerkes nötig ist. Das Bauwerk existiert bereits und Materialeigenschaften sowie Bauteilabmessungen lassen sich nicht mehr groß beeinflussen. Die Aufgabe des Bauingenieurs ist es, das bestehende Bauwerk so zu sanieren und instand zu setzen, dass eine weitere Nutzung möglich ist.

Allerdings ist die Bewertung der Trag- und Nutzungssicherheit nicht immer so einfach möglich. Meist existieren nur unvollständige oder überhaupt keine Unterlagen über das Bestandsbauwerk, und so müssen die benötigten Informationen durch eine umfangreiche Bestandsanalyse zusammengetragen werden. Doch ist nicht alles über das Bauwerk so einfach in Erfahrung zu bringen. Gerade Stahlbetonbauwerke aus den Anfängen des 20. Jahrhunderts haben oft eine zu geringe Bewehrung. Rein rechnerisch dürfte das Bauwerk gar nicht mehr stehen, aber die Realität sieht anders aus.



Durchführung eines Belastungsversuchs ;
Foto aus 2. Zwischenbericht EXTRA-Forschungsvorhaben

Um diesen Widerspruch zu lösen, greifen Bauingenieure gerne auf Versuche zurück und führen Probebelastungen durch. Die zu untersuchenden Bauteile werden dabei mit Hilfe von Hydraulikzylindern belastet und die Verformungen des Bauwerkes gemessen.

Diese Methode des Nachweises wird bereits seit vielen Jahrhunderten genutzt, weil sie für jeden offensichtlich beweist, dass das belastete Bauteil der Belastung standhält. Doch ist das reine "Bestehen" des Versuches kein ausreichendes Kriterium dafür, dass das Bauteil auch in Zukunft nicht einstürzt. Deshalb darf während des Belastungsversuches das Bauteil nicht geschädigt werden, d. h. es dürfen sich keine großen Risse bilden oder die Decke nach dem Versuch stark durchhängen.

Diese Schädigungen werden während eines Belastungsversuches dadurch ausgeschlossen, dass das Bauteil die ganze Zeit messtechnisch überwacht wird. Die Verformungen werden online aufgezeichnet und können am Bildschirm in Echtzeit bewertet werden. Erreichen die Messwerte während des Versuches bestimmte Grenzwerte oder nehmen die Verformungen sehr stark zu, ist

Diese Wissenschaftsreportage von Gregor Schacht erhielt beim Doktorandensymposium 2010 des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton in Kaiserslautern einen Sonderpreis.

dies ein Anzeichen für ein sich ankündigendes Versagen. Bisher dürfen Bauteile nur dann durch Probelastungen untersucht werden, wenn sichergestellt ist, dass sich ein Versagen rechtzeitig ankündigt.

Doch es gibt auch Versagensformen, bei denen eine solche Ankündigung nur sehr gering wahrnehmbar bzw. messbar ist, so dass eine rechtzeitige Entlastung nicht möglich ist und Schädigungen also nicht sicher ausgeschlossen werden können.

Genau mit diesen Versagensformen beschäftigt sich seit einem knappen Jahr eine Dresdner Forschergruppe intensiv. Ziel der Forschungsarbeit ist es, mit Hilfe von photogrammetrischen Aufnahmen und der Messung von Schallemissionen eine Vorankündigung auch bei diesen Versagensarten wahrnehmen zu können.

Bei der Photogrammetrie werden Punktmuster künstlich auf die Bauteiloberfläche aufgesprüht und diese während des Versuches ständig fotografiert. Eine automatische Bilderkennung ermöglicht Punktverschiebungen im Mikrome-

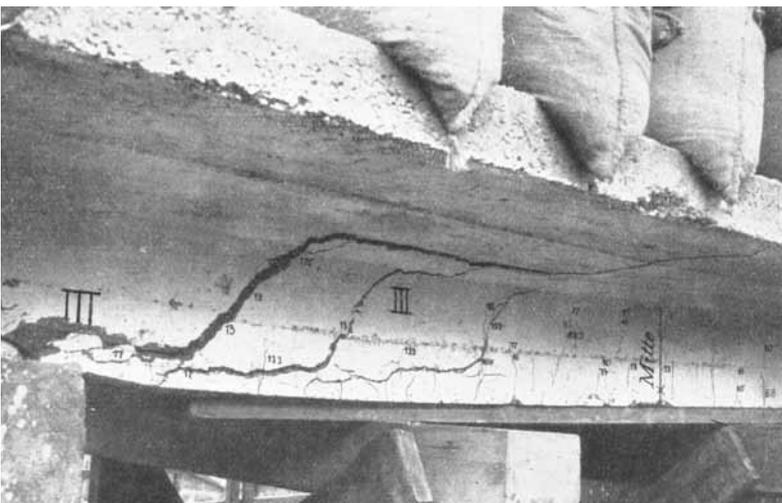
terbereich zu messen und so bereits kleinste Veränderungen im Tragverhalten zu erkennen.

Während die Photogrammetrie das Bauteil von außen überwacht, werden die Vorgänge im Bauteilinneren mit Hilfe von Schallemissionen beobachtet. Jeder noch so kleine Bruchvorgang im Bauteil erzeugt Schallwellen die gemessen werden können und so erkennen lassen in welchem Zustand das Bauteil wirklich ist, obwohl es von außen vollkommen intakt scheint.

Mit Hilfe dieser beiden innovativen Messtechniken sollen in den nächsten Jahren Indikatoren entwickelt werden, die rechtzeitig eine Schädigung ankündigen und so Probelastungen auch bei den Bauwerken eingesetzt werden können, bei denen es bisher nicht erlaubt war.

Diese Erweiterung der Methode des experimentellen Tragsicherheitsnachweises würde es ermöglichen eine große Anzahl von bestehenden Tragwerken, für die heute kein rechnerischer Nachweis möglich ist, zu erhalten, einen Abriss zu vermeiden und Bausubstanz zu schonen.

Gregor Schacht



Versagensform mit geringer Ankündigung;
Foto aus Mörsch – Der Eisenbetonbau

Stahl und Beton: Ein (Ver)bund für die Ewigkeit?

Verbundermüdung unter Querzug

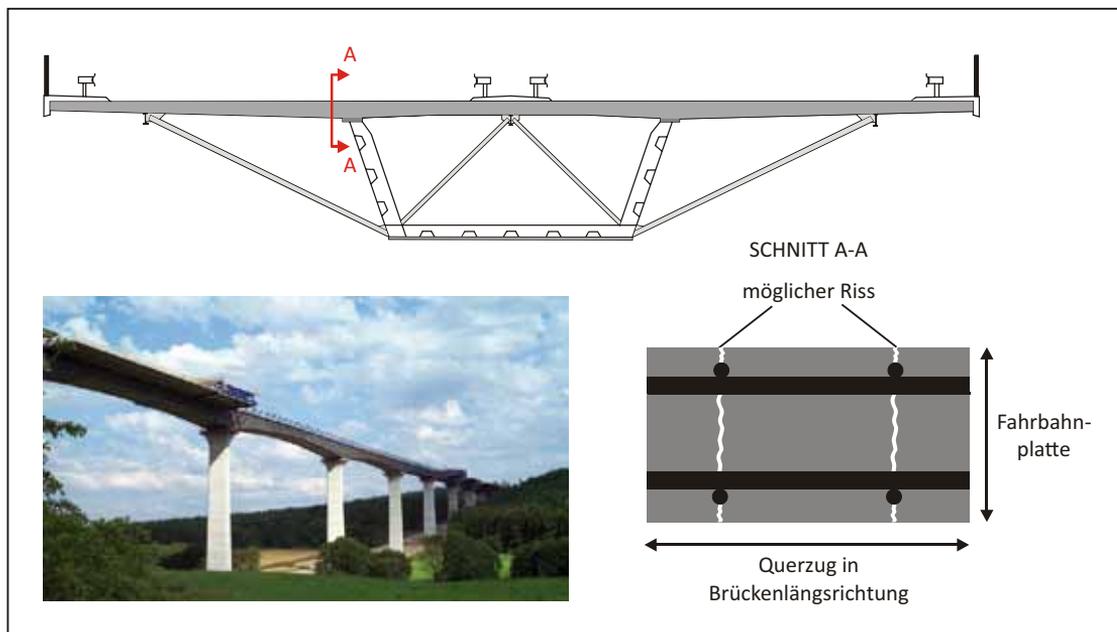
Durch den Verbund zwischen Stahl und Beton bekommt der Stahlbetonbau erst seinen Sinn. Auch unter dynamischen Belastungen bewirkt er, dass Beton und Bewehrungsstahl nicht auseinanderfallen. Doch was passiert, wenn sich am Stahlstab ein Längsrisse ausbildet? Diese Frage steht im Mittelpunkt eines Forschungsvorhabens, aus dessen Ergebnissen Rückschlüsse für die Bemessung von Stahlbetonbauteilen gezogen werden können.

Stahlbeton ist wie eine Ehe – der eine steht für die Schwächen des anderen ein. Jeder übernimmt das, was er am besten kann. Der Beton stemmt sich mit seiner ganzen Kraft gegen den Druck, der z.B. oben im Balken entsteht, wenn dieser sich biegt. Der Bewehrungsstahl nimmt es mit der Zugbelastung auf, die im Balken unten wirkt. Doch wie in jeder richtigen Ehe kommen irgendwann Fragen auf: Hält sie ewig? Werden die Partner ihres Verbundes niemals müde? Das Geschehen scheint allerdings immer dann kompliziert zu werden, wenn ein Dritter die Szenerie betritt. Die Ehe kann dadurch leiden und sogar

Risse bekommen. Doch sie kann nicht nur, nein, sie muss dem Einfluss widerstehen!

Für den Verbund zwischen Bewehrungsstahl und Beton ist ein solcher Dritter das Vorhandensein einer Querzugbelastung. Anders als beim Querdruck, der Stahl und Beton fest aneinanderpresst, kann eine Zugkraft quer zum Stahlstab den Verbund beeinträchtigen. Ist dieser Querzug von ausreichender Größe, treten sogar Risse auf, die genau entlang des Stabes verlaufen. Doch was bedeutet das für den Verbund und seinen Ermüdungswiderstand? Kann er weiterhin alle stetigen oder veränderlichen Belastungen aufnehmen oder wird er durch das ständige Hin und Her schnell müde und bricht?

Diese Fragen haben für die Praxis eine nicht ganz unerhebliche Bedeutung. Seit einiger Zeit werden z.B. im Straßenbrückenbau sogenannte Stahlverbundbrücken gebaut, bei denen auf einem stählernen Hohlkastenträger eine Fahrbahnplatte aus Stahlbeton liegt. Im Bereich über den Pfeilern der Brücke ist die Zugbelastung der



Diese Wissenschaftsreportage von Alexander Lindorf erhielt beim Doktorandensymposium 2010 des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton in Kaiserslautern einen Sonderpreis.

Betonplatte in Brückenlängsrichtung meist so groß, dass kleine Risse entlang der quer liegenden Bewehrungsstäbe auftreten. Während diese Querkzugbelastung annähernd konstant ist, wird an den Stahlstäben dynamisch, d.h. mal stärker und mal schwächer, gezogen. Diese Ausziehbeanspruchung rührt vom Fahrzeugverkehr auf der Brücke und ist wiederum über den Stegen des Hohlkastens am größten. Da bei der Bemessung derartiger Fahrbahnplatten die Kombination von Querkzug und Verbundermüdung bisher noch keine Rolle spielte, muss überprüft werden, ob dennoch die erforderliche Sicherheit vor einem frühzeitigen Schaden gewährleistet ist. Die Ehe zwischen Stahl und Beton muss also auf den Prüfstand!

Aus diesem Grund wird derzeit ein entsprechendes Forschungsvorhaben an der TU Dresden durchgeführt. Mithilfe eines speziellen Probekörpers werden in einem sogenannten Ausziehversuch die Verbundeigenschaften bei verschiedenen Querkzugbelastungen genauestens untersucht. Dazu müssen verschiedene Längsrissbreiten entlang des einbetonierten Bewehrungsstabes erzeugt und dieser dann dynamisch gezogen werden. Dabei rutscht der Stahlstab stückchenweise aus dem Beton heraus. Dieses Herausrutschen wird als Schlupf bezeichnet und ist ein Maß für die Qualität des vorliegenden Verbundes. Ist die Rissbreite recht groß, wächst der Schlupf schneller an. Wird die Ausziehbelastung gesteigert, kann es zum vollständigen Herausziehen des Stabes kommen. Den Bund zwischen Stahl und Beton gibt es dann nicht mehr.

Für die Verbundbrücke würde solch ein Ausziehversagen eine äußerst starke Schädigung bedeuten. Aber auch schon mittlere Schlupfwerte, welche sich einstellen, noch bevor der Verbund komplett versagt, wären mit sehr großen Verformungen für die Brücke verbunden. Im Extremfall müsste sie dann wohl gesperrt werden. Deshalb ist es sinnvoll, einen Wert für den Schlupf zu definieren, der noch als ungefährlich und damit zulässig angesehen werden kann. Da je nach

Verbund- und Belastungsbedingung dieser Grenzwert früher oder später eintritt, ist es wichtig, den Zeitraum so gut es geht zu erfassen.

Dies geschieht allerdings nicht in Stunden, Monaten oder Jahren, sondern man bedient sich der Lastwechselanzahl. Die Ausziehbelastung folgt einem Schwingenspiel; d.h., sie pendelt in einer bestimmten Zeit zwischen einem oberen und einem unteren Belastungswert hin und her. Darum reicht es aus, zu zählen, wie oft z.B. der obere Wert angeschlagen wird. Doch was hat das für einen Nutzen, zu wissen, dass der Verbund nach so und so vielen Lastwechseln die kritische Grenze erreicht? Dann wird ja die Brücke trotzdem gesperrt!

Die Frage ist natürlich richtig. Aus den Versuchsergebnissen verschiedener Schwingenspiele ist es jedoch möglich, diejenige Belastung zu bestimmen, mit der genau eine Million Lastwechsel laufen können, bevor der Schlupf zu groß wird – und das für unterschiedliche Längsrissbreiten. Für die Bemessung bedeutet das: Wird die Brücke so gebaut, dass die Lasten nicht größer und Risse nicht breiter werden, hält der Verbund eine Million Lastwechsel aus. Das ist nicht die Ewigkeit, aber sehr nah dran!

Alexander Lindorf





OTTO-MOHR- LABORATORIUM



OTTO-MOHR-LABORATORIUM

Das Laboratorium der Fakultät Bauingenieurwesen der TU Dresden, benannt nach dem deutschen Ingenieur und Baustatiker Christian Otto Mohr (1835-1918), wurde 1975 eingeweiht. Die Vorplanung hatte schon 1957 begonnen, der Bau hatte sich jedoch aufgrund verschiedener Vorstellungen der Beteiligten und der Idee, ein neuartiges, Stahl sparendes Baukonzept anzuwenden, noch mehrere Jahre verschoben. 1968 wurde es dann konkreter, indem die TU Dresden die Finanzierung des Neubaus als Halle für die bereits vorhandene Dreiaxialprüfmaschine beim damaligen Minister für Hoch- und Fachschulwesen beantragte. Außer für Experimente an Baustoffproben sollte auch Raum für die praktische Ausbildung von Studenten geschaffen werden. Die dann 1971 errichtete Halle wog immerhin 7 t weniger als vergleichbare Stahlhallen, weshalb das Konzept des Spannstahldachs in der Folge bei gleichartigen Hallen vor allem im Bereich der Landwirtschaft verwirklicht wurde. Am 6. Mai 1975, wurde die „Zentrale Versuchs- und Prüfhalle“, wie sie offiziell genannt wurde, der Öffentlichkeit vorgestellt. Am 8. Oktober 1985, anlässlich des 150. Geburtstages von Christian Otto Mohr, wurde die Versuchshalle in „Otto-Mohr-Laboratorium“ (OML) umbenannt.

Mit einer modernen und umfangreichen Ausstattung sind wir heute spezialisiert auf zerstörungsfreie Untersuchungen und zerstörende Belas-

tungsversuche an einer Vielzahl von Materialien des konstruktiven Ingenieurbaus. Wir bieten unsere Leistungen sowohl universitätsintern als auch für externe Partner an.

Am 26.11.2009 wurde der erste Bauabschnitt des **Technikums** des Otto-Mohr-Laboratoriums übergeben. Im Technikum finden seither die Betonherstellung und die Vorbereitung großer Prüfkörper statt. Am 1. Oktober 2010 wurde mit dem 2. Bauabschnitt des Technikums begonnen. Dieser soll bis zum November 2011 fertig gestellt sein. In diesem Bereich sollen u. a. ein zweites Aufspannfeld und die Holzwerkstatt untergebracht werden.

Ein Höhepunkt im vergangenen Jahr war nach 18monatiger Bauzeit die feierliche Übergabe einer 10-MN-Säulenprüfmaschine an den Nutzer. Sie wurde mit Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) und des Sächsischen Staatsministeriums für Wissenschaft und Kunst (SMWK) finanziert. Anlass waren die im Rahmen des SFB 528 „Textile Bewehrungen zur bautechnischen Verstärkung und Instandsetzung“ geplanten Traglastversuche an großformatigen Prüfkörpern, wie Biegeträger oder Stützen mit Dimensionen, wie sie im realen Bauwerk üblich sind. Der bei der Übergabe durchgeführte öffentliche Belastungsversuch konnte die Leistungsfähigkeit der neuen Prüfmaschine eindrucksvoll demonstrieren.

I Leistungen

Wir besitzen langjährige Erfahrungen auf den Gebieten der zerstörenden und zerstörungsfreien Materialprüfungen. Unser Leistungsangebot umfasst neben der Durchführung von standardisierten Materialprüfungen auch die Neuentwicklung von Versuchsaufbauten für spezielle Prüfaufgaben, die nicht mit genormten Tests gelöst werden können. Ein weiterer Arbeitsschwerpunkt liegt bei Planung, Durchführung und Auswertung von experimentellen Tragfähigkeitsanalysen. Weiterhin verfügen unsere Mitarbeiter über umfangreiche Erfahrungen mit Textilbeton. Das betrifft neben der Durchführung der üblichen Versuche zur Charakterisierung der Materialeigenschaften auch die Herstellung kompletter, neuer Bauteile und die Überwachung und Ausführung von Verstärkungsarbeiten. Nachfolgend ein Auszug aus unserem Leistungsangebot:

I.1 Zerstörende Materialprüfungen

- Druck- und Zugfestigkeit
- Biegeversuche
- Spaltzug- und Haftzugfestigkeit

- Elastizitätsmodul und Querdehnungszahl
- Arbeitslinien
- Bruchmechanische Kennwerte
- Mehraxiale Druck- und Zugfestigkeit inkl. Verformungsmessung
- Kennwerte von Textilbeton
- Verbundversuche (z. B. RILEM-Körper)
- Dauerlast- und Ermüdungsversuche (verschiedene Versuchskonfigurationen)
- Spezialversuche an Prüfkörpern unterschiedlichster Geometrie und Beschaffenheit
- Kleinteilige Versuche unter Temperatureinfluss in einer Klimakammer

I.2 Zerstörungsfreie Materialprüfungen

- Ultraschalluntersuchung
- Rückprallwerte
- Bewehrungssuche
- Kraft-, Verformungs- und Verschiebungsmessungen
- (Video-)Endoskopie
- Kriech- und Schwindversuche



Stützenbelastung in der 10 MN Säulenprüfmaschine



Belastungstest
an einer Holzblockwand

I.3 Experimentelle Tragsicherheitsanalyse an bestehenden Bauwerken

- ❑ Ermittlung der aktuellen Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit von Bauwerken oder Bauwerksteilen als Grundlage für die Einschätzung der Restnutzungsdauer und der Kostenplanung
- ❑ Untersuchungen an Brücken- und Hochbauwerken sowie an denkmalgeschützten Bauwerken
- ❑ Realistische Ermittlung der Randbedingungen für eine geplante Veränderung der Nutzung von Gebäuden
- ❑ In situ: Vertikalbelastungen, z. B. von Decken oder Unterzügen, und Horizontalbelastungen, z. B. beim Nachweis der Horizontalbeanspruchung von Geländern

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 steht 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 zur Durchführung von Versuchen unter Temperatureinfluss. Für Bauwerksprüfungen (in situ) ist eine große Anzahl von variablen, mobilen Belastungsrahmen vorhanden. Zur Datenerfassung verfügen wir über eine umfangreiche Messtechnik, die verschiedenste Messgeräte und Messmittel einschließlich Photogrammetrie umfasst.

Die folgende Zusammenstellung gibt eine Übersicht über die Ausstattung unseres Labors.

II.1 Betonherstellung

Formen

- ❑ Standardformen für Würfel mit 100 und 150 mm Kantenlänge, Zylinder (150 mm Durchmesser) und Prismen (Stahl, mit 3 Formflächen je 160 x 40 x 40 mm)
- ❑ Spezialformen für Zylinder mit Einschnürung (Zugfestigkeit von Beton)

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

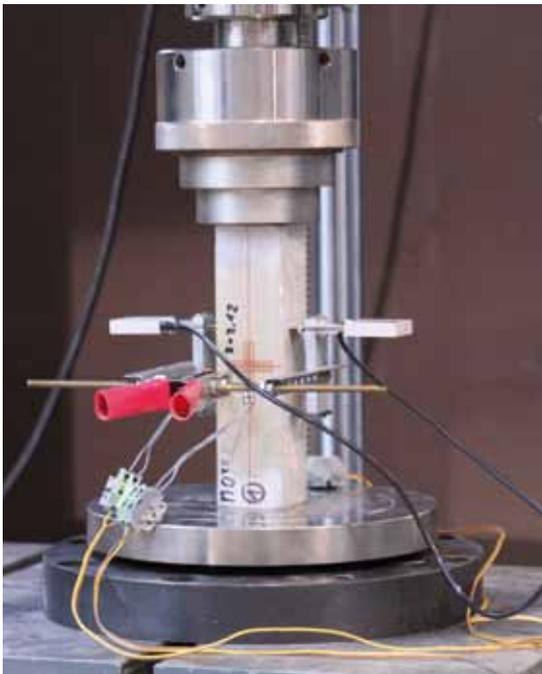
- ❑ Schocktisch Typ SBH 2
- ❑ Nadelprüfgerät
- ❑ Porenvolumen-Messgerät

Sonstige Ausstattung

- ❑ Diverse Waagen, Laborheizplatten, Vibratoren
- ❑ Mörtelausbreittisch und Betonausbreittisch, jeweils mit Metallform
- ❑ Grundplatte und Metallform für Slump-Prüfung
- ❑ Zwei Klimakammern und Trockenschränke
- ❑ Temperatur- und Feuchtigkeitsschreiber
- ❑ Betonsäge

II.2 Aufspannfelder und Portale

- ❑ Aufspannfeld in der Mohr-Halle
(Fläche: $21,0 \times 6,0$ m, Raster: 1,50 m, Lastkapazität bis 1 MN, Prüfung von Einzelelementen bis zu 10 t Gewicht und 5 m Höhe möglich)
- ❑ Kleineres Aufspannfeld in 10 MN Säulenprüfmaschine integriert
- ❑ Variable Portale
(mehrere Portale mit $H_{\max} = 4,0$ und $5,25$ m, zwei Portale mit $H_{\max} = 6,00$ m)
- ❑ Derzeit im Bau:
Aufspannfeld im Erweiterungsbau des Technikums (Fläche: ca. $15,0 \times 10,5$ m, Raster: 1,50 m, Lastkapazität bis 1 MN)



Bestimmung der Längs- und Querverformung an Mörteln

II.3 Prüfmaschinen und -vorrichtungen für Standard- und Spezialprüfungen

Prüfmaschinen für statische Druck-, Zug- und Biegeversuche

- ❑ DB 6000-3,8 (Maximallast: 6.000 kN Druck, lichte Einbauhöhe: bis 3,8 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)
- ❑ 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 (jeweils mindestens zwei Prüfzylinder mit maximalen Lasthöhen von 10, 50, 100, 200, 250, 400, 650 und 1.000 kN vorhanden)
- ❑ Pulsatoranlage
(Lastwechselfrequenzen 1–12 Hz möglich – abhängig von der Verformung des konkret zu testenden Prüfkörpers)
- ❑ 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 5000 kN Druck je Achse, Lasteinleitungsmittel: starre Platten oder Belastungsbürsten, 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, Prüf-



Einbau eines Litzen-Spanngliedes zur Prüfung

- körperlänge: $\varnothing = 2,54 \text{ cm}$ und $h = 5,08 \text{ cm}$, Temperaturen bis 150° C möglich
- 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 Zugprüfmaschine (Kettenzugmaschine, Maximallast: 400 kN Zug, maximale Einspannlänge: 6,5 m)
- Fallwerk ($H_{\text{max}} = 7,10 \text{ m}$)
- Derzeit im Bau: vertikale 10-MN-Pressen (Prüfkörper bis $B \times L \times H = 2,0 \times 15,0 \times 3,0 \text{ m}$ möglich)

Sonstige Ausstattung

- Vorrichtungen für 3- und 4-Punkt-Biegeversuche lt. Norm
- Modellstatik-Prüfstände zur Untersuchung von Stabwerks- und Flächenmodellen
- Kriechstände
- Plattenprüfstand
- Schubversuchsstand
- Ausstattung zur Durchführung von Versuchen mit variabler Temperaturbeanspruchung
- Mehrere Steuerpulte

II.4 Ausrüstung für Prüfungen im Bestand/Bauwerksprüfung

- Verschiedene Belastungsrahmen zur Ausführung von In-Situ-Prüfungen an Brücken, Decken, Stützen, Masten, Geländern etc.
- Ultraschallmessgerät
- Profometer 3 (Bewehrungsart)

- Rückprallhammer
- (Video-) Endoskopie
- Ausrüstung zur Entnahme von Bohrkernen

II.5 Messtechnik

Messdatenerfassung

- Messverstärker: MGC, MGCplus, Quantum MX840 und Spider 8
- Vielstellenmessgerät: UPM100
- Nahbereichsphotogrammetrie:
 - AICON 3D System mit 4 Kameras und Zubehör
 - GOM ARAMIS 5 M mit 2 Kameras und Zubehör
- Transientenrekorder

Sensorik

- Verschiedenste Kraftmessdosen (KMD) zwischen 1 kN und 10.000 kN
- Dehnmessstreifen (DMS)
- Induktive Wegaufnehmer (IWA)
- Faser-Bragg-Gitter
- Dehnungsaufnehmer (DD1)
- Beschleunigungsaufnehmer
- Dynamische Kraftsensoren
- Extensometer
- Seilzugsensor

Vermessung

- Nivelliergerät

- Theodolit
- Verschiedene Entfernungsmessgeräte

Sonstiges

- Neigungsmessgerät
(Winkelbestimmung bis +/- 30°)
- Inclinometer LSOC-0120
(Winkelbestimmung bis +/-3°)
- Verschiedenste mechanische Längenmessgeräte (u. a. Messuhren, Setzdehnungsmesser (Bauart Pfender/Setzdehnungsmesser), Messschraube bzw. Mikrometerschraube)
- Hand-held Shaker
- Magnet-Messtativ
- Martens'sches Spiegelmessgerät
- Federzugkraftmesser
- Kraftmessbügel verschiedener Kräftemessbereiche und Bauart
- Drahtauslenkungsmesser

II.6 Metallwerkstatt

- Umfangreiche, gut sortierte Auswahl an Standard-Werkzeugen
- Drehbänke

- Fräse
- Säge
- Ständerbohrmaschinen
- Drehmomentenschlüssel
- Nivelliergeräte

II.7 Holzwerkstatt

- Umfangreiche, gut sortierte Auswahl an Standard-Werkzeugen
- 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
- Gabelstapler (Tragkraft 3 t)
- Schweißerausrüstung
- Mobile Druckölaggregate
- Aggregat zum Sandstrahlen
- Schwerlastwagen



Abtrennen (abflexen) überstehender Enden bei einem Spannglied

Probebelastung einer Stahlbetonrippendecke

Bei diesem Projekt sollte auf experimentellem Wege die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit einer Deckenkonstruktion aus dem Jahre 1958 nachgewiesen werden, da sich der bauliche Zustand in den vergangenen Jahren deutlich verschlechtert hatte. Die Fertigteilelemente, die mit Heraklith-Schalkörpern (HWL) als verlorene Schalung hergestellt worden waren, wiesen eine oft nur mangelhafte Betonumhüllung der Bewehrung auf. Die darauf einsetzende Korrosion hatte teilweise starke Abrostungen zur Folge. Der mangelhafte Verbund zwischen Stahl und Beton wurde an vielen Stellen noch zusätzlich geschwächt, da die Rostbildung an vielen Stellen mit einer Volumenvergrößerung einhergegangen war. Unter diesen Voraussetzungen war eine alleinige rechnerische Überprüfung der Tragsicherheit problematisch. Deshalb sollten zusätzlich zur statischen Berechnung Belastungsversuche durchgeführt werden, um die Tragsicherheit der Deckenplatten für einen begrenzten Zeitraum bis zur vorgesehenen Sanierung des Gebäudes zu überprüfen.

Es wurden drei aneinandergrenzende Deckenbereiche getrennt oder gleichzeitig voneinander belastet, um verschiedene Lastkombinationen zu simulieren. Dafür wurden in sich verspannte Widerlager aus Stahlträgern und Zugstangen konstruiert und über eingedübelte U-Profile mit



Verformungsmessung an einem Bewehrungsstahl an der Deckenunterseite

Titel

Probebelastung einer Stahlbetonrippendecke

Auftraggeber

Staatsbetrieb Sächsisches Immobilien- und Baumanagement (SIB), Niederlassung Dresden I

Zeitraum

04.2010

Leiter

Univ.-Prof. em. Dr.-Ing. habil. Heinz Opitz

Partner

KÖRNER + HACKEL Beratende Ingenieure für Tragwerke (Dresden; Tragwerksplanung);
Dipl.-Ing. W. Dreier (Dresden; Prüfer)

Durchführung

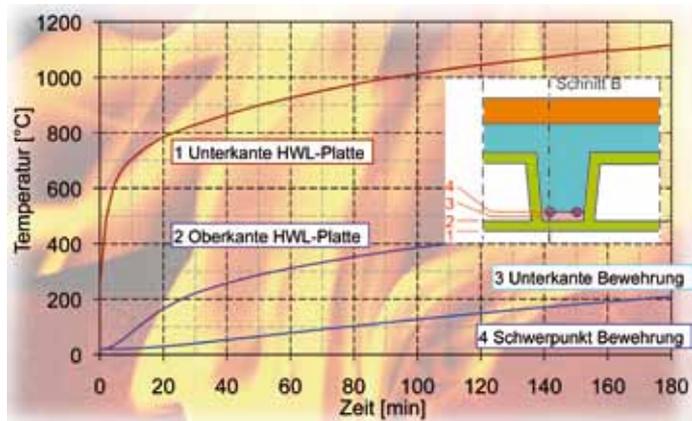
Ludwig Beier, Jens Hohensee, Tino Jänke, Maik Patricny, Dipl.-Ing. Thomas Popp, Andreas Thieme, Heiko Wachtel, Bernd Wehner

HILTI Injektionsankern im Mauerwerk verankert, gegen die sich je Raum zwei synchronisierte hydraulische 100-kN-Pressen abstützen konnten. Die aktuellen Kräfte wurden mit Kraftmessdosen erfasst. Die Durchbiegungen der Deckenkonstruktion wurden jeweils in Raummitte und in den Viertelpunkten der Stützweiten mit induktiven Wegaufnehmern (IWA) gemessen. An der Unterseite der Decken waren an zwei ausgewählten Bewehrungsstäben je ein Dehnmessstreifen (DMS) appliziert, um die Längenänderungen der Bewehrungsstähle verfolgen zu können. Als Abbruchkriterien waren 0,4 mm maximale Rissbreite, max. 5 mm Durchbiegung der Unterzüge während der Versuche, ein deutliches Anwachsen des nichtlinearen Verformungsanteiles oder ein oberer Grenzwert für die bleibende Durchbiegung nach der Entlastung definiert worden.

Der In-situ-Test konnte ohne Probleme durchgeführt werden. Alle untersuchten Bereiche der Geschossdecken haben die vorgegebenen Ziellasten ohne Anzeichen einer durch die Belastungsversuche hervorgerufenen relevanten Schädigung erreicht. Für den aktuellen Ist-Zustand wurde also eine ausreichende Sicherheit bis zur planmäßigen Instandsetzung der betroffenen Deckenbereiche nachgewiesen.

Simulierte Brandeinwirkung auf Deckenplatten

Mit einem In-situ-Test wurde die statische Tragsicherheit einer 50 Jahre alten Stahlbetonrippendecke nachgewiesen. Um auch die Auswirkung eines Brandereignisses auf die Tragfähigkeit der Decke beurteilen zu können, wurde eine thermische Durchwärmungsberechnung unter Ansatz der Einheitstemperaturkurve durchgeführt. Von besonderem Interesse war, nach welcher Einwirkungszeit die Temperatur im unten liegenden Betonstahl kritisch wird, da sowohl Streckgrenze als auch E-Modul des Stahles mit steigender Temperatur deutlich sinken können.



Temperaturentwicklung für System 3, kritischer Schnitt B

Es wurden vier Deckensysteme modelliert. System 1 bildete den Ist-Zustand mit unterer Deckenverkleidung (HWL-Platten mit Putzschicht), Dämmung der Deckenhohlräume sowie den Betonabplatzungen im Bereich der Stege ab. Bei System 2 wurde die unterste Putzschicht weggelassen, da diese im Brandfall höchstwahrscheinlich zuerst abplatzen würde. Variante 3 war analog zu System 2 aufgebaut, allerdings wurde ein nochmals erhöhter Wärmetransport angesetzt, um die ungünstige Wirkung der Betonabplatzungen sicher zu erfassen. Mit System 4 wurde der komplette Ausfall der unteren Deckenverkleidung simuliert. Die Unterseiten der Stege und die Wärmedämmung in den (nun ehemaligen) Hohlräumen zwischen den Stegen wurden direkt mit der Brandlast beansprucht. Im Bereich der Abplatzungen wurde die Bewehrung direkt erhitzt.

Als Ergebnis der Simulationen wurde in verschiedenen Bauteilachsen und -schichten die Temperaturentwicklung über einen Zeitraum von insgesamt 180 Minuten ermittelt. Erwartungsgemäß erfuhren die jeweils untersten Schichten einen raschen hohen Temperaturanstieg. Entscheidend war aber, dass bei Vorhandensein der unteren HWL-Verkleidung bei den Systemen 1-3 die für den Bewehrungsstahl prognostizierten Temperaturen über den gesamten Zeitraum von drei Stunden höchstens 200 °C erreichten. In diesem Temperaturbereich ist aber maximal mit

einer 20%igen Verminderung der Streckgrenze der Bewehrung zu rechnen, womit die Decken auch bei einer Brandeinwirkung tragfähig bleiben. Beim System 4 ohne HWL-Verkleidung und Deckenputz konnte erwartungsgemäß keine befriedigende Widerstandsdauer erreicht werden. Dies galt vor allem für die Bereiche, in denen der Schutz der Bewehrung durch Betonabplatzungen nicht mehr ausreichend gegeben ist. Für den verbleibenden Nutzungszeitraum bis zur geplanten Sanierung des Gebäudes muss also sichergestellt werden, dass die Deckenverkleidung an Fehlstellen ergänzt und dass sie auch an keiner Stelle entfernt wird.

Titel

Simulierte Brandeinwirkung auf Deckenplatten

Auftraggeber

Staatsbetrieb Sächsisches Immobilien- und Baumanagement (SIB), Niederlassung Dresden I

Zeitraum

04.2010

Leiter

Dr.-Ing. Harald Michler

Simulation

Dr.-Ing. Harald Michler

Von Zauberhand gehalten



Versuchsaufbau für Dübelauszugversuche

einem zentrisch angeordneten Befestigungsmittel (umgangssprachlich: Dübel) vom Auftraggeber gefertigt. Gemeinsam mit dem Otto-Mohr-Laboratorium wird ein für das jeweilige Verbindungsmittel maßgeschneiderter Versuchsaufbau verwendet. Wichtig ist vor allem, dass der Angriffspunkt der Last mit der später ausgeführten Konstruktion exakt übereinstimmt. Bei einer Fassadenplatte zählen vor allem die Lastfälle Eigengewicht und Wind zu den maßgebenden Beanspruchungen. Da beide Lastfälle sowohl einzeln

Womit befestigt man Fassadenplatten aus Textilbeton? Und: Ist diese Befestigung sicher? Mit diesen beiden Fragen hat sich das Institut für Massivbau im Jahr 2010 wiederholt beschäftigt.

Eigentlich müsste die Sache doch ganz einfach sein. Bauteile aus Textilbeton benötigen nur eine wenige Millimeter dicke Betondeckung zur Übertragung der Verbundkräfte zwischen dem Beton und der Bewehrung. Dadurch sind sie im Regelfall extrem schlank und – im Vergleich mit traditionellem Stahlbeton – auch deutlich leichter. Fassadenplatten aus Textilbeton sind problemlos bereits ab nur zwei Zentimetern Dicke möglich.

Eine Herausforderung ist es, geeignete Lösungen zur Befestigung der leichten Textilbetonfassaden zu entwickeln und deren Tragfähigkeit – in der Amtssprache „Eignung“ – nachzuweisen. Weil die auf der späteren Vorderseite befindlichen zehn Millimeter für die Befestigungsmittel tabu sind – sie würden sich sonst in der Sichtbetonfläche abzeichnen – müssen alle auftretenden Kräfte von einem Befestigungsmittel aufgenommen werden, das auf der Plattenrückseite nur wenige Millimeter in den Beton einbindet. Eine rechnerische Bemessung solcher Verankerungen ist heute noch nicht möglich. Daher wird für den Eignungsnachweis auf Versuche zurückgegriffen.

Für einen solchen Versuch werden repräsentative Ausschnitte aus den Fassadenplatten mit

aufzutreten können, werden die Befestigungsmittel mit einer Zugkraft parallel zur Plattenebene (Lastfall Eigengewicht), senkrecht zur Plattenebene (Lastfall Wind) und schräg zur Plattenebene (Lastfallkombination Eigengewicht und Wind) bis zum Versagen belastet. Gemessen werden dabei die notwendige Kraft und die auftretenden Verformungen. Aus den Prüfergebnissen wird anschließend mit einer statistischen Bewertung auf der normativen Basis des Eurocodes 0 die zulässige Windbelastung ermittelt. Der Auftraggeber erhält abschließend ein Gutachten zur Vorlage bei der Bauaufsichtsbehörde.

Titel

Dübelauszugversuche für BetoShell-Elemente

Auftraggeber

Hering Bau GmbH & Co. KG, Burbach, Deutschland

Zeitraum

08.2010 – 12.2010

Leiter (Versuch)

Dr.-Ing. Torsten Hampel

Partner

Dr.-Ing. Frank Jesse

Durchführung

Tino Jänke, Doreen Sonntag, Andreas Thieme, Heiko Wachtel

Historische Sandsteinbalustrade hält

Derzeit wird der Mathematisch-Physikalische Salon an der Westseite des Dresdner Zwingers umgebaut. Dazu gehört auch eine von Balustraden gesäumte Freitreppe, die für die Öffentlichkeit freigegeben werden soll. Allerdings war der Tragfähigkeitsnachweis vor allem wegen der schwierigen Geometrie und der in statischer Hinsicht schwer beschreibbaren Konstruktionsdetails und Materialeigenschaften problematisch, weshalb ein Belastungsversuch vor Ort Klarheit schaffen sollte.



Mathematisch-Physikalischer Salon im Dresdner Zwinger, rechts im Bild die zu untersuchende Balustrade

Die rechnerisch nachzuweisende horizontale Linienlast kann bei In-situ-Versuchen nur schwer realisiert werden. Deshalb sollten drei gleichlange Balustradenabschnitte jeweils mittig durch äquivalente Punktlasten belastet werden. Der Sicherheitsfaktor gegenüber der charakteristischen Last f_t Norm war mit 2,25 und als Abbruchkriterium der Übergang von elastischen zu plastischen Verformungen festgelegt worden, da die Zerstörung der Balustrade ausgeschlossen werden sollte. Plastische Verformungen würden bei Rissen in den horizontalen Fugen entstehen, bei Sandsteinabplatzungen oder wenn die stellenweise innen liegenden horizontalen und vertikalen Stahleinbauteile ins Fließen kommen. Durch die Echtzeit-Darstellung der Verformungen am Messcomputer während des Versuchs kann der kritische Punkt genau bestimmt werden können.

Die Einzellasten wurden mit synchronisierten hydraulischen Pressen und nachgeschalteten Kraftmessdosen über drei entkoppelte Belastungsrahmen eingeleitet, die an beiden Seiten des Treppenaufgangs verkeilt waren. Zwei induktive Wegaufnehmer (IWA) je Rahmen zeichneten die Verformungen in Handlaufhöhe und am Fußpunkt der am meisten beanspruchten Sandsteinsäule auf, ein dritter IWA die Verformung der Widerlagerwand an der Treppeninnenseite.

Der Traglastversuch wurde am 22. September 2010 erfolgreich durchgeführt. Die Ziellast wurde

sicher erreicht. Mit einem kurzfristig durchgeführten zusätzlichen Belastungsschritt wurde sogar eine Sicherheit von 2,5 nachgewiesen. Die Verformungen bewegten sich größtenteils im reversiblen, elastischen Bereich. Beim letzten Lastzyklus wurde ein merkliches Ansteigen der plastischen Anteile registriert, von denen maximal 1,5 mm irreversibel waren und sich in Form von unkritischen Haarrissen äußerten. Für eine konstruktiv identische Balustrade ist bei Berücksichtigung der vorhandenen Einbauteile ein Sicherheitsfaktor von mindestens 3,0 wahrscheinlich, auch wenn sich merkliche Verformungen durch die Aktivierung der Metalleinbauteile einstellen würden.

Titel

Tragsicherheit einer historischen Sandsteinbalustrade

Auftraggeber

Staatsbetrieb Sächsisches Immobilien- und Baumanagement (SIB), Niederlassung Dresden I

Zeitraum

09.2010

Leiter

Dr.-Ing. Torsten Hampel

Partner

Ingenieurgesellschaft Hochbau GbR, Dresden

Durchführung

Ludwig Beier, Tino Jänke, Christian Dittrich

Pendelschlagversuche an Postamenten

Nach Sanierung und Umbau präsentiert das neue Albertinum seit dem 20. Juni 2010 Kunst von der Romantik bis zur Gegenwart in der Galerie Neue Meister und der Skulpturensammlung. Für die Postamente der Skulpturensammlung sollte nachgewiesen werden, dass sie bei einem unfreiwilligen Anrempeln durch Personen nicht umgeworfen werden können. Ein denkbare Szenario wäre, wenn z. B. ein Besucher einen Ohnmachtsanfall erleidet.

Der Standsicherheitsnachweis sollte durch einen Pendelschlagversuch in Anlehnung an die Norm zur Prüfung von Flachglas erbracht werden. Die Randbedingungen des Versuchs, wie z. B. die Fallhöhe und das Fallgewicht, wurden in enger Zusammenarbeit mit dem Statiker Dr. Kless und dem Fachberater Prof. Ruge festgelegt. Glas wird durch einen elastischen Stoß mit einem reifen-gepufferten Gewicht beansprucht, der Anstoß eines Menschen an einen Skulpturensockel wird dadurch aber nur unzureichend abgebildet. Stattdessen wurde das Fallgewicht durch einen 50 kg schweren Sandsack ersetzt, wodurch ein plastischer Stoß simuliert werden konnte.

Die Masse des Pendels (also des Sandsacks) wurde mit Hilfe einer kalibrierten Waage grammgenau ermittelt. Während des Versuchs wurde die Beschleunigung des Postaments mit einem Beschleunigungsaufnehmer aufgenommen. Daraus konnte geschlossen werden, wie viel Energie zu jedem Zeitpunkt durch den Stoß in das Postament eingetragen wird. Außerdem wurde der Kippwinkel mit einem Neigungsmesser registriert, der 5000 Messwerte pro Sekunde lieferte. So kann man feststellen, wann der Sockel einen kritischen Kippwinkel erreicht, bevor er umfällt. Parallel zu diesen zwei Messungen wurden die Versuche mit einer Hochgeschwindigkeitskamera mit 600 Bildern pro Sekunde dokumentiert.

Titel

Pendelschlagversuche an Postamenten

Auftraggeber

Staatliche Kunstsammlungen Dresden

Planer/Statiker

Dr.-Ing. Rainer Kless
Ingenieurbüro Kless Müller GmbH

Fachberatung

Prof. em. Dr.-Ing. Peter Ruge

Zeitraum

03.2010

Leiter (Versuche)

Dr.-Ing. Torsten Hampel

Versuchsdurchführung

Tino Jänke, Mike Patricny, Bernd Wehner, Heiko Wachtel

Insgesamt wurden 20 Versuche an einem Postament durchgeführt. Durch die wiederholte Kippbewegung hatte sich lediglich im Aufstandsbereich eine geringfügige Schädigung ergeben, die die Gebrauchsfähigkeit des Bauteils aber nicht einschränkte und vollständig reparabel war. Das ist ein sehr gutes Ergebnis wenn man bedenkt, dass diese immerhin 20mal simulierte Beanspruchung während der Lebensdauer des Postamentes wahrscheinlich nur ein einziges Mal auftreten wird. Außerdem konnten aufbauend auf den Versuchen noch konstruktive Veränderungen vorgenommen werden, damit die jetzt im Albertinum aufgestellten Postamente einem plastischen Stoß ganz sicher widerstehen können.

Ablauf des Versuchs



Bruchfestigkeit einer Glockenkrone

Im Herbst 2010 wurde ein ganz besonderes Bauteil im Otto-Mohr-Laboratorium untersucht: die neue Krone für die Johannesglocke des Meißner Doms. Die 1929 gegessene Johannesglocke hat einen Durchmesser von 220 Zentimetern, wiegt fast 8.000 kg und gilt unter Fachleuten als die figurenreichste der Welt. Sie war 1977 in den Nordwestturm abgestürzt und hatte sich im Glockenturm verkeilt. Nachdem sie provisorisch wieder aufgehängt worden war, erklang sie aus Sicherheitsgründen nur noch für wenige Minuten zu hohen kirchlichen Feiertage. Im Zuge der Restaurierungsarbeiten sollte die Glocke eine neue Krone erhalten, damit sie vielleicht schon zu Weihnachten 2010 in voller Pracht erklingen kann.



Während des Versuchs

Im April 2010 war die neue Krone nach einem historischen Verfahren gegossen worden. Allerdings hatte man bei der Untersuchung der Glockenkrone mit Röntgenstrahlen, Ultraschall und Isotopenstrahlung kleine Hohlräume in den Evangelisten festgestellt. Solche Fehlstellen sind nicht ungewöhnlich bei derartigen, geometrisch aufwändigen Formen. Um aber deren Einfluss auf die Tragfähigkeit der Glockenkrone abschätzen zu können, sollte diese im Otto-Mohr-Labor einem Belastungstest unterzogen werden. Völlig vermeiden kann man diese kleinen Lufteinschlüsse nämlich nicht, da es bei dem angewandten Gießverfahren immer zur Lunkerbildung kommen wird.

Belastungsregime und maximale Belastungshöhe wurden in Absprache mit dem Auftraggeber festgelegt. Die Last sollte entsprechend der realen Situation im Bauwerk eingeleitet werden. Dort werden die vier Apostel durch hohe Zugkräfte beansprucht. Im Labor wurde dazu die Grundplatte der Glockenkrone auf dem Aufspannfeld verankert. Über der Krone wurde ein Rahmen aus Stahlprofilen konstruiert, der als Widerlager dient. Mit vier synchronisierten Pressen wurden dann gleichzeitig Zugkräfte in das horizontale Kreuz der Glockenkrone eingetragen.

In einem ersten Schritt wurde die Last bis zum zuvor vereinbarten Grenzwert von 350 kN bzw.

87,5 kN je Presse gesteigert. Diese Laststufe wurde problemlos ohne Beschädigung des zu untersuchenden Bauteils erreicht. Daraufhin wurde eine zweite Belastung vereinbart, bei der die Pressen mit jeweils 250 kN direkt gegen die Joche drückten. Dabei sollte die Glockenkrone bis zum Bruch belastet werden. Auch dieser Test verlief problemlos und es konnte nachgewiesen werden, dass die Gusskrone trotz der diagnostizierten Fehlstellen ein Vielfaches der erforderlichen Bruchlast ertragen konnte.

Titel

Bruchfestigkeit einer Glockenkrone

Auftraggeber

G. Donath, Dombaumeister Meißen

Zeitraum

09.2010

Leiter

Dr.-Ing. Torsten Hampel

Partner

Prof. Dr.-Ing. A. Nietzold

Durchführung

Ludwig Beier, Tino Jänke, Heiko Wachtel

Geprüft und für tauglich befunden

Für traditionelle Baumaterialien sind Einsatzbereich, Bemessungs- und Konstruktionsregeln in einschlägigen Normen und Richtlinien festgehalten. Die Verstärkung von Stahlbetonbauteilen mit textilbewehrtem Beton ist allerdings so neu, dass vergleichbares Vorschriftenwerk nicht existiert, in dem der Stand der Technik dokumentiert ist. Im Geltungsbereich deutscher Bauordnungen gibt es für diesen Fall zwei Möglichkeiten: Die Beantragung einer Zustimmung im Einzelfall (ZiE) oder einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung (abZ).

Eine ZiE wird von der obersten Baubehörde erteilt und gilt für ein bestimmtes Bauobjekt. Sie kann im Regelfall sehr zügig erteilt werden, weil die Frage der Eignung unter sehr konkreten Anwendungsbedingungen klar definiert ist. Nachteil dieser Variante: Die ZiE muss für jede Anwendung neu beantragt werden.

Eine abZ wird durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) in Berlin erteilt. Der Antragsteller stellt einen formlosen Antrag für den von ihm gewünschten Zulassungsgegenstand und das DIBt setzt einen Sachverständigenausschuss (SVA) ein, der die vom Antragsteller vorgelegten Nachweise beurteilt. In aller Regel dauert ein solches Verfahren für neue Materialien länger als ein Jahr. In einem ersten Schritt müssen die zu erbringenden Nachweise unter Berücksichtigung des vorgesehenen Anwendungsbereiches festgelegt werden. Dem SVA fällt die Verantwortung zu, über die relevanten Nachweise zu entscheiden und die vorgelegten Ergebnisse zu beurteilen und zu bewerten. In aller Regel werden die Nachweise durch Versuche erbracht.

Unser Institut hat vom Deutschen Zentrum Textilbeton (DZT) der TUDAG den Auftrag erhalten, diese Zulassungsversuche für den innovativen Baustoff Textilbeton als Material für Biegeverstärkung von Stahlbeton durchzuführen, die Ergebnisse zu bewerten und in eine gutachterliche Empfehlung für das DIBt zu fassen.

Zum Jahreswechsel 2010/2011 lagen die ersten Versuchsergebnisse vor und zeugen davon, dass das für TUDALIT® Textilbeton entwickelte Material aus einem speziellen Feinbeton der Fa. Pagel



Applikation des Feinbetons mit dem Nasssprühverfahren

Spezialbetone und hochfesten Carbonfasern in den bisher durchgeführten Kurzzeitversuchen die angestrebten Leistungsparameter erfüllt. 2011 sind weitere Versuche geplant, die zeigen sollen, dass der Textilbeton auch unter betrieblichen Beanspruchungen und einer planerischen Lebensdauer der Konstruktion von 50 bis 80 Jahren zuverlässig ist. Damit ernten wir gemeinsam mit der Bauindustrie die Früchte der Grundlagenforschung aus dem Sonderforschungsbereich 528.

Titel

Zulassungsversuche für TUDALIT® Textilbeton zur Bauteilverstärkung

Förderer

Deutsches Zentrum Textilbeton (DZT), Dresden

Zeitraum

10.2010 – 07.2012

Leiter

Frank Schladitz M.Sc.

Bearbeiter

Dr.-Ing. Frank Jesse, Enrico Lorenz M.Sc.,
Dipl.-Ing. Katrin Schwiteilo

OML: Rainer Belger, Kathrin Dietz, Heiko Günther,
Jens Hohensee, Mario Polke-Schminke, Doreen Sonntag, Andreas Thieme

Technikum in Betrieb genommen

Das Otto-Mohr-Laboratorium der TU Dresden hat einen Erweiterungsbau bekommen – das Technikum für den Sonderforschungsbereich 528 "Textile Bewehrungen zur bautechnischen Verstärkung und Instandsetzung". "Durch zahlreiche anspruchsvolle Forschungsprojekte haben sich die Anforderungen an das Otto-Mohr-Laboratorium ständig erhöht!" sagte Prof. Manfred Curbach, Direktor des Otto-Mohr-Laboratoriums und Sprecher des SFB 528 bei der offiziellen Inbetriebnahme des Technikums.

Zwar sei man durch die Modernisierung der Ausstattung den Anforderungen von technischer und fachlicher Seite her gewachsen, aber hinsichtlich der Platzverhältnisse habe man die Leistungsfähigkeit des Labors schon seit längerem erreicht und überschritten. "Daher war der Neubau des Technikums für den SFB 528 der logische Schritt, um die experimentellen Möglichkeiten im konstruktiven Ingenieurbau der Technischen Universität Dresden zu erweitern." Die Mittel in Höhe von insgesamt rund 1,2 Mio. Euro wurden durch den Freistaat Sachsen und die Europäische Union im Rahmen einer EFRE-Maßnahme bereitgestellt.

In der rund 500 Quadratmeter großen Halle sind staubintensive Bereiche wie die Betonmischanlage und zugehörige Arbeits- und Betonlaborbereiche untergebracht. Außerdem befinden sich im Technikum ein Lager und eine Klimakammer. Im Außenbereich entstanden Versuchs- und Lagerflächen. Bessere Arbeitsbedingungen und mehr Platz sind die Folgen für die ursprüngliche

Versuchshalle. Die wurde – beinahe auf den Tag genau vor 35 Jahren! – am 6. Mai 1975 als "zentrale Versuchs- und Prüfhalle" der Öffentlichkeit vorgestellt. 1985 wurde sie zu Ehren des bedeutenden deutschen Ingenieurs und Baustatikers in Otto-Mohr-Laboratorium umbenannt.

Das OML, wie das Labor intern bezeichnet wird, verfügt über zahlreiche einzigartige Geräte, um den hier forschenden Wissenschaftlern die Arbeit zu ermöglichen. Eine der dienstältesten Prüfmaschinen ist die Triaxialmaschine – wegen ihres Anstrichs und in Anspielung auf die bekannte Dresdner Brücke auch "Das blaue Wunder" genannt. "Diese außerordentlich leistungsfähige Prüfeinrichtung ist der Hauptgrund dafür, dass das Institut für Massivbau heute führend ist auf dem Gebiet der Erforschung der mehraxialen Betonfestigkeit" sagte Prof. Curbach.

Doch wie das so ist: Das Bessere ist der Feind des Guten, und neue Herausforderungen stehen vor der Tür: Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) hat gerade ein neues Schwerpunktprogramm "Leicht bauen mit Beton" bewilligt – Leitung und Koordination werden voraussichtlich in Dresden liegen. Da wäre es doch bestens, wenn der nächste geplante und bereits genehmigte Erweiterungsbau des Technikums so schnell wie möglich realisiert wäre. In diesem Gebäudeteil sollen unter anderem ein weiteres Aufspannfeld für die variable Anordnung von Prüfportalen und weitere moderne Prüfeinrichtungen stehen...

[Bericht im BauBlog, dem Weblog der Fakultät Bauingenieurwesen, am 4.5.2010]



Mit einer Feier für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sowie die Baubeteiligten wurde das Technikum des OML offiziell in Betrieb genommen

Und am Ende machte es knrrrrsch

10-Meganewton-Säulenprüfmaschine bringt Otto-Mohr-Laboratorium international an die Spitze

Große Freude im Otto-Mohr-Laboratorium (OML) der Fakultät Bauingenieurwesen: Eine neue Prüfmaschine ist nach 18 Monaten Bauzeit offiziell in Betrieb genommen worden – und es ist eine große, die ihresgleichen in Deutschland sucht. “Mit dieser 10-MN-Säulenprüfmaschine steht der TU Dresden eine Versuchseinrichtung für großformatige Bauteile zur Verfügung, die den internationalen Vergleich nicht zu scheuen braucht!” schwärmte der Direktor des Otto-Mohr-Laboratoriums, Prof. Manfred Curbach, bei seiner kurzen Rede zur Einweihung der Maschine.

Erste Überlegungen für die Anschaffung gab es seit 2004, aber erst im April 2009 konnte das

Bauvorhaben begonnen werden. Die Prüfmaschine wurde unter laufendem Betrieb installiert, was nicht immer ein Zuckerschlecken für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sowie die Forscherinnen und Forscher im OML war: “Wenn man heute hier steht, sieht man nicht, dass für die Sicherung der Baugrube 182 Ortbetonpfähle mit einer Länge von jeweils knapp 10 m erforderlich waren, um den schlechten Baugrund zu überlisten, damit eine Baugrube mit vier Metern Tiefe, dreieinhalb Metern Breite und 18 m Länge entstehen konnte. Diese Baugrube musste anschließend mit einer Betonwanne verstärkt werden, um einen Grundwassereinbruch zu verhindern. Man atmet nicht den Staub ein, hört nicht den Lärm oder spürt die



10-Meganewton-Säulenprüfmaschine : Baugrube – Aufbau – fertige Säulenprüfmaschine

Erschütterungen, die wochenlang die Arbeiten in der Versuchshalle beeinträchtigten“ resümierte Dr.-Ing. Torsten Hampel, der Leiter der Versuchshalle. Aber der Zusammenhalt aller Beteiligten habe zu einem reibungslosen Gelingen beigetragen – wobei er ausdrücklich alle Beteiligten einschloss: “Alle haben an einem Strang gezogen und diese komplizierte Maschine umgesetzt: die TU Dresden, das Sächsische Immobilien- und Baumanagement (SIB), die Planer, Bauausführenden, Maschinenbauer und die Mitarbeiter des Labors und des Instituts.”

Spannende Momente gab es reichlich beim Aufbau der Prüfmaschine. Das fing an bei sprachlichen Verwirrungen – die Maschinenbauer kamen von der Firma walter+bai aus der Schweiz und sprachen für hiesige Ohren unverständliches Schwytzerdütsch. Und die hiesigen Mit-Aufbauer sind des für normale Schweizer durchaus unverständlichen Sächsisch mächtig. In kniffligen Situationen konnte man sich allerdings auf eine Art

Hochdeutsch einigen und doch ganz gut verständigen. Und immer wieder machte die Größe der Maschine es nicht leicht: Für die Montage war beispielsweise ein Autokran erforderlich, der 200 Tonnen heben konnte. Aber er passte nur gerade so in die Versuchshalle hinein: Dieser Autokran war alleine 15,50 m lang, es standen aber nur 16,50 m Rangierlänge zur Verfügung. Es dauerte eineinhalb Stunden, bis das Fahrzeug an dem Platz stand, von dem aus gerade so das schwerste Maschinenteil an der Fensterfront entlang in die Grube versenkt werden konnte!

Aber das alles ist nun Geschichte – die 10-MN-Säulenprüfmaschine steht. Sie ist so ausgelegt, dass sie den unterschiedlichsten wissenschaftlichen Aufgabenstellungen gerecht wird. In dieser Versuchseinrichtung können Balken mit einer Stützweite von bis zu 15 Metern und einem Eigengewicht von bis zu 120 Tonnen untersucht werden, was zum Beispiel den realen Abmaßen von Brückenteilen entspricht. Gleichzeitig steht mit vier Metern Höhe auch in der Vertikalen ausreichender Raum für große Versuchskörper oder die zusätzliche Anordnung von schon vorhandenen Belastungseinrichtungen zur Verfügung. “Somit entstand eine universell einsetzbare Prüfeinrichtung, deren Prüfkapazität schon jetzt für das kommende Jahr komplett ausgebucht ist“, freut sich Prof. Manfred Curbach.

Den ersten Versuch führten Mitarbeiter des Otto-Mohr-Labors noch während der kleinen Feierstunde durch, bei der sich viele der am Bau der Maschine Beteiligten wieder sahen: Eine zwei Meter hohe Stütze, die mit Carbon verstärkt war, wurde langsam aber stetig immer größerem Druck ausgesetzt. Am Ende machte es allerdings nicht “Knall” oder “Peng”, sondern lediglich “knrrrsch” – ein durchaus erwünschter Effekt, denn im wahren Leben sollen die Stützen ja große Belastungen aushalten und durch zuvor einsetzende Rissbildung ihr Versagen ankündigen...

[Bericht im BauBlog, dem Weblog der Fakultät Bauingenieurwesen, am 4.11.2010]







INSTITUT

Das Institut für Massivbau in Zahlen und Fakten

1 Organisationsstruktur

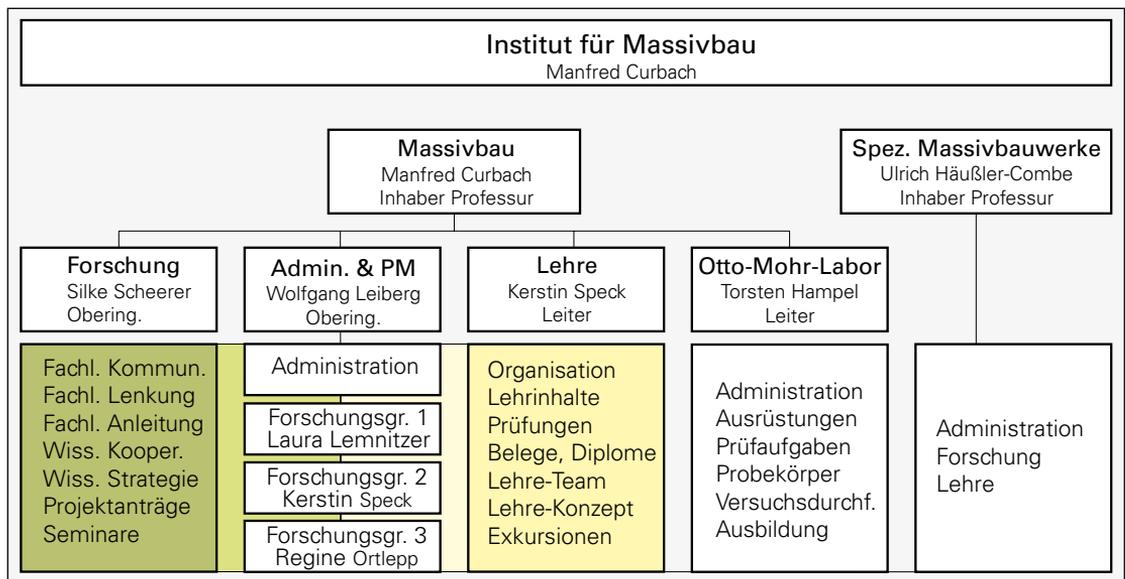
Das Institut für Massivbau besteht aus den Lehrstühlen „Massivbau“ und „Spezielle Massivbauwerke“.

Die Ende 2009 am Lehrstuhl für Massivbau eingeführte Matrixstruktur aus administrativer und fachlicher Führung wurde 2010 Schritt für Schritt in die Praxis umgesetzt. Die Leitungsebene, bestehend aus den Oberingenieuren für Forschung, Administration & Projektmanagement, der Verantwortlichen für Lehre und dem Leiter des Otto-Mohr-Labors, übernahm in stärkerem Umfang Verantwortung für die Organisation und die Entwicklung der einzelnen Aufgabenfelder.

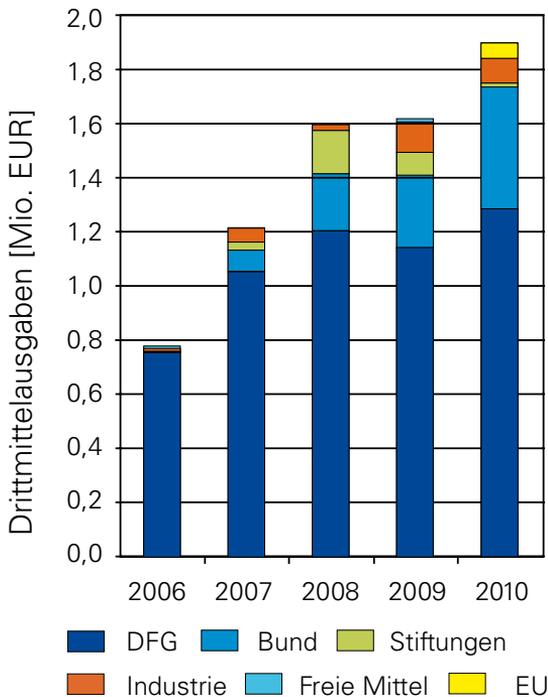
Um eine stärkere Kommunikation und fachliche Betreuung zu erreichen, wurden projektübergreifende Forschungsgruppen gebildet. Im Rahmen dieser Forschungsgruppen fanden monatliche Projektberatungen statt, in denen der Status jedes Projektes und wissenschaftliche Problemstellungen diskutiert wurden. Die vierteljährlich durchgeführten Projekt-Reviews gaben sowohl der Institutsleitung als auch jedem Mitarbeiter die

Gelegenheit, sich in sehr komprimierter Form über den Stand, die Probleme und die Ergebnisse jedes einzelnen Projektes zu informieren. Der Inhalt der Projektberatungen und der Projekt-Reviews wurde allen Mitarbeitern in Form eines Monats- bzw. Quartalsberichtes zur Verfügung gestellt. Als weitere Form der fachlichen Diskussion und des Erfahrungsaustauschs wurde 2010 mit der Durchführung von regelmäßigen Doktoranden-seminaren begonnen. Diese Seminare boten jedem Doktoranden die Möglichkeit, die bisherigen fachlichen Ergebnisse vorzutragen und vom Auditorium Anregungen und Hinweise zu Inhalt und Form der Präsentation zu erhalten.

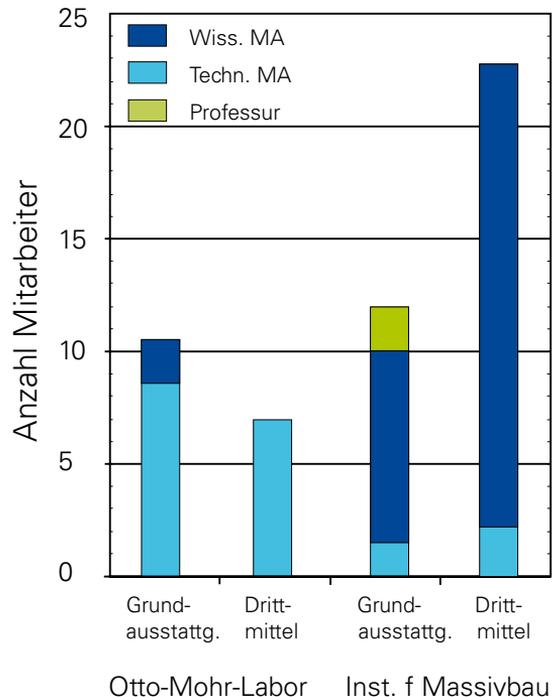
Aufgabe für 2011 wird es nun sein, den eingeschlagenen Weg zu festigen und weiterzuentwickeln. Dies wird zur Herausforderung, da der langjährige geschäftsführende Oberingenieur für Forschung, Dr.-Ing. Frank Jesse, eine Lehrstuhlvertretung an der BTU Cottbus übernommen hat, und Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, bisher Verantwortlicher für Lehre, einem Ruf an die Leibniz Universität Hannover folgte. Beiden Kollegen gilt unser Dank und unsere Anerkennung für ihre ausgezeichnete und engagierte Arbeit.



Organigramm des Instituts für Massivbau (Stand: 31.12.2010)



Entwicklung der Drittmittelausgaben in den Jahren 2006 – 2010



Planstellen und Drittmittelstellen im Jahr 2010

2 Grundausrüstung und Drittmittel

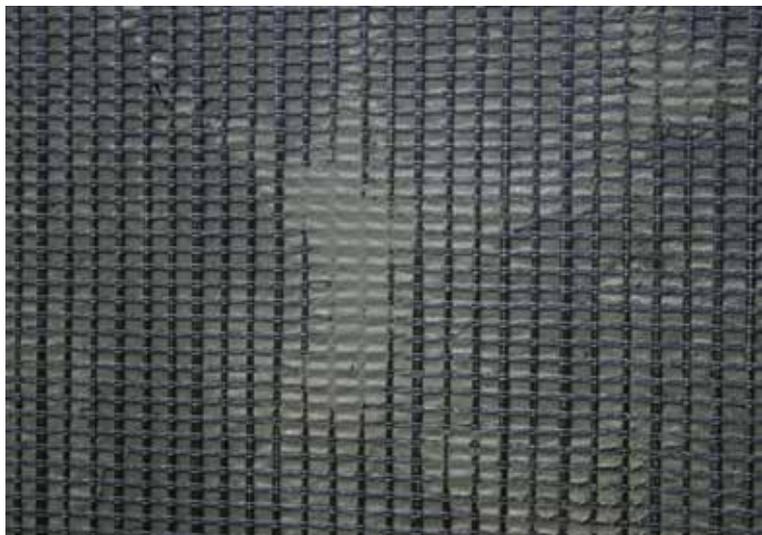
Die Grundausrüstung des Instituts für Massivbau bestand im Jahr 2010 aus 38.000 € Sachmitteln, einer Bürofläche von 600 m² und einer Laborfläche von 2.050 m².

Der Drittmittelumsatz konnte im Jahr 2010 deutlich erhöht werden. Dies ist in erster Linie auf die ausgezeichneten Leistungen aller Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zurückzuführen. Die erzielten Forschungsergebnisse waren für unsere Fördergeber vielfach der Anlass, einer zweiten Förderphase zuzustimmen. Ebenso bildeten die guten Ergebnisse des SFB 528 die Grundlage für einen breiten Transfer in die Industrie und für die Bewilligung einer Reihe von Applikationsprojekten. Jedes neue Projekt bietet dem Institut die Chance, Expertise aus- oder aufzubauen. So sind wir bemüht, diese wachsende Expertise auch für die Bearbeitung neuer Forschungsgebiete zu nutzen. Mitte 2010 stimmte der Senat der DFG der Einrichtung des neuen Schwerpunktprogrammes „Leicht Bauen mit Beton“ zu. Koordinator dieses neuen SPP ist Prof. Dr.-Ing. Manfred Curbach.

Die Mitarbeiteranzahl blieb nahezu konstant. Die Weggänge nach erfolgter Promotion bzw. Berufungen an andere Forschungsstätten wurden durch Neueinstellungen ausgeglichen.

3 Leistungen in der Forschung

Ein wichtiges Forschungsgebiet des Instituts für Massivbau wird durch den Sonderforschungsbereich 528 „Textile Bewehrungen zur bautechnischen Verstärkung und Instandsetzung“ gebildet. Er wird durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft gefördert und befindet sich in der 4. Förderphase (01.07.2008 – 30.06.2011). Der Sonderforschungsbereich basiert auf der Zusammenarbeit von mehreren universitären und außeruniversitären Forschungseinrichtungen mit einer Reihe von externen Kooperationspartnern. Die Koordination der Forschungsarbeiten erfolgt durch den Direktor des Instituts für Massivbau und Sprecher des SFB 528, Prof. Dr.-Ing. Manfred Curbach, sowie den Geschäftsführer des SFB 528, Dr.-Ing. Frank Jesse. Im Folgenden sind die Teilprojekte aufgelistet, welche durch das Institut für Massivbau bearbeitet werden.



Carbonbewehrung für eine hohe Tragfähigkeit

**Experimentelle Ermittlung des Tragverhaltens von textilbewehrtem Beton
SFB 528 B1**

Anteilige Fördersumme 101.300 €

**Numerische Untersuchungen zum Tragmechanismus von Filamentgarnen in einer Betonmatrix
SFB 528 B3**

Anteilige Fördersumme 59.800 €

**Grundlagen konstruktiver Bewehrungsdetails
SFB 528 B5**

Anteilige Fördersumme 108.900 €

**Verstärkung von normalkraft- und torsionsbeanspruchten Bauteilen mit textilbewehrtem Beton
SFB 528 D4**

Anteilige Fördersumme 100.600 €

**Brandbeständigkeit von Verstärkungen aus textilbewehrtem Beton
SFB 528 D4**

(gemeinsames Teilprojekt mit dem Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstoffe)

Anteilige Fördersumme 60.400 €

Verfahren zur Biegeverstärkung von bestehenden Bauteilen mit textilbewehrtem Beton

(gemeinsames Teilprojekt mit dem Institut für Baubetriebswesen)

Anteilige Fördersumme 51.750 €

Das Teilprojekt SFB 528 C1 „Untersuchungen zum Verbundtragverhalten zwischen Altbeton und textilbewehrtem Beton“ wurde abgeschlossen.

Der sich bereits in 2009 abzeichnende Trend zu mehr Projekten, welche sich mit der Anwendung von Textilbeton befassen, hat sich im zurückliegenden Jahr weiter verstärkt und zeigt sich unter anderem in der Bewilligung von insgesamt vier neuen Projekten seitens der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V.

Um diesem wachsenden Trend gerecht zu werden, arbeitet das Institut eng mit dem Deutschen Zentrum Textilbeton zusammen.

Neben dem SFB 528, der einen Förderumfang von ca. 500.000 € im Jahr 2010 ausmachte, sind Ende 2009 mehrere Projekte in eine zweite Förderphase eingetreten. Dies betrifft die Projekte zur mehraxialen Festigkeit von Ultra-Hochfestem Beton, zur Kombination von Querkraft und Ermüdungsbeanspruchung sowie zur Entwicklung von formgebenden Werkzeugen. Gleichzeitig intensivierte sich mit den Projekten „Verhalten von Beton bei hohen Belastungsgeschwindigkeiten“ und „Simulation von Impaktvorgängen mittels „Diskrete Element Methode““ die Forschungsarbeit auf dem Gebiet der Dynamik.

Die folgende Aufstellung führt Projekte mit einer anteiligen Fördersumme von mehr als 10.000 € an.

Die Auswirkungen der Kombination von Querzug und Ermüdungsbeanspruchung auf den Verbund zwischen Beton und Bewehrungsstahl

Förderer: DFG

Laufzeit: 04/2007 – 10/2011

Anteilige Fördersumme: 121.000 €

Versuchstechnische Ermittlung und mathematische Beschreibung der mehraxialen Festigkeit von Ultra-Hochfestem Beton

Förderer: DFG

Laufzeit: 01.11.2009 – 31.10.2011

Anteilige Fördersumme: 135.000 €

Entwicklung von formgebenden Werkzeugen aus hydraulisch gebundenen Werkstoffen für die wirkmedienbasierte Blechumformung

Förderer: DFG

Laufzeit: 01.08.2009 – 31.07.2011

Anteilige Fördersumme: 217.000 €

Der Einfluss von Querzug auf die Rissbildung und den Verbund zwischen Beton und Bewehrung in Stahlbeton- und Spannbeton-containments

Förderer: GRS

Laufzeit: 01.04.2007 – 31.12.2010

Anteilige Fördersumme: 155.000 €

Entwicklung und Erprobung von Versuchsgrenzlastindikatoren bei der experimentellen Tragfähigkeitsanalyse bestehender Hochbaukonstruktionen mit geringem Ankündigungsverhalten

Förderer: Bundesinstitut für Bau- Stadt- und Raumforschung (BBR SF)

Laufzeit: 01.10.2009 – 30.06.2011

Anteilige Fördersumme 70.000 €

Verhalten von Beton bei hohen Belastungsgeschwindigkeiten

Förderer: GRS

Kooperationspartner: Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik, Freiburg

Laufzeit: 01.07.2009 – 31.12.2012

Anteilige Fördersumme 145.000 €

Multifunktionale Baustoffverbunde

Förderer: AiF

Laufzeit: 01.09.2009 – 29.02.2012

Anteilige Fördersumme: 88.000 €

Dünne Betondecke auf Brücken mit Übergangskonstruktion

Förderer: Bundesanstalt für Straßenwesen

Laufzeit: 01.09.2007 – 31.01.2011

Anteilige Fördersumme: 40.000 €

Grenzzustandsuntersuchungen für Gefährdungsszenarien durch Rissbildung in Betonbauteilen

Förderer: DIBt

Laufzeit: 01.01.2010 – 01.01.2012

Anteilige Fördersumme: 16.000 €

Beseitigung des Gefährdungspotentials infolge von Spannungsrisskorrosion in Mecklenburg-Vorpommern

Förderer: SBV-MV

Laufzeit: 01.09.2005 – 31.03.2011

Anteilige Fördersumme: 27.000 € (rd. 300.000 €)

Kooperationspartner: CB-Ing.

Überprüfung des Risikos der Spannungsrisskorrosion von Hennigsdorfer Spannstahl für den Produktionszeitraum bis 1993

Förderer: SBV-MV

Laufzeit: 01.09.2009 – 31.03.2011

Anteilige Fördersumme: 36.000 €

Kooperationspartner: MFPA-Leipzig

Textile Carbonbewehrung bei wasserundurchlässigen Betonkonstruktionen

Förderer: AiF

Laufzeit: 01.03.2010 – 31.10.2011

Anteilige Fördersumme: 71.000 €



Textile Verstärkung:
Große Verformung ohne Bruch

Entwicklung einer Prinziplösung für Gebäude aus tragfähigen Textilbetonfertigteilen

Förderer: AiF

Laufzeit: 01.07.2010 – 29.02.2012

Anteilige Fördersumme: 18.000 €

Simulation von Impaktvorgängen mittels Diskrete Element Methode

Förderer: GRS

Laufzeit: 01.10.2010 – 30.09.2013

Anteilige Fördersumme: 15.000 €

Entwicklung einer flexiblen mechanisierten Technologie und deren Anlagentechnik zur Herstellung textilbewehrter flächenhafter Betonbauteile

Förderer: AiF

Laufzeit: 01.01.2010 – 01.01.2012

Anteilige Fördersumme: 16.000 €

Entwicklung eines Verfahrens zur Herstellung von oberflächenfertigen vollkomplettierten textilbewehrten Balkonbodenplatten mit integrierter Tragelementeanbindung

Förderer: AiF

Laufzeit: 01.07.2010 – 31.10.2011

Anteilige Fördersumme: 44.000 €

Mehraxiale Stoffgesetze für Beton auf der Grundlage anisotroper Schädigung und Plastizität

Förderer: DFG

Laufzeit: 01.05.2007 – 30.04.2011

Anteilige Fördersumme: 62.000 €

4 Publikationen

Die Leistungen der Forschungstätigkeit innerhalb der aufgeführten Projekte manifestieren sich in der Verbreitung und Diskussion der Ergebnisse in Form von Publikationen in Büchern und Zeitschriften sowie in Beiträgen auf nationalen und internationalen Konferenzen. Damit ist die Publikationstätigkeit, neben dem Transfer der Forschungsergebnisse in die Industrie, ein wesentlicher Gradmesser für die Qualität der Forschung des Instituts, aber auch jedes einzelnen Wissenschaftlers. Erst die breite wissenschaftliche Diskussion der erzielten Ergebnisse schafft den vom Fördergeber beabsichtigten Nutzeffekt der Projekte.

Die wichtigsten Zeitschriftenbeiträge

- [1] **Curbach, M.; Breitschaft, G.; Morgen, K.; Meyer, L.; Müller, Ch.; Naumann, J.:** Eurocode 2 oder DIN 1045: Brauchen wir das Neue? Beton- und Stahlbetonbau (105) 2010, Heft 6; S. 340–341
- [2] **Hampel, T.; Bösche, T.; Anker, S.; Scheerer, S.; Curbach, M.:** Gefahr Spannungsrissskorrosion – Systematische Untersuchung des Brückenbestands in Mecklenburg-Vorpommern. Bautechnik 87 (2010) 1, S. 12-18 – doi:10.1002/bate.201010002
- [3] **Speck, K.; Curbach, M.:** Ein einheitliches dreiaxiales Bruchkriterium für alle Betone. Beton- und Stahlbetonbau 105 (2010) 4, S. 233-243 – doi:10.1002/best.200900077
- [4] **Lindorf, A.; Curbach, M.:** S-N curves for fatigue of bond in reinforced concrete structures under transverse tension. Engineering Structures 32 (2010) 10, pp. 3068-3074 – doi:10.1016/j.engstruct.2010.05.025
- [5] **Lindorf, A.:** Woher kommen die Bemessungswerte der Verbundspannung?. Beton- und Stahlbetonbau 105 (2010) 1, S. 53-59 - doi: 10.1002/best.200900048
- [6] **Ehlig, D.; Jesse, F.; Curbach, M.:** Textilbeton verstärkte Platten unter Brandbelastung. Beton- und Stahlbetonbau 105 (2010) 2, S. 102-110 – doi:10.1002/best.200900069
- [7] **Marx, S.; Schacht, G.:** Gelenke im Massivbau. Beton- und Stahlbetonbau 105 (2010) 1, S. 27-35 – doi:10.1002/best.200900061
- [8] **Marx, S.; Schacht, G.:** Bemessungsmodelle für Betongelenke. Der Prüflingenieur 36 (2010), S. 15-26
- [9] **Marx, S.; Krontal, L.; Bätz, S.; Vehlow, A.:** Die Scherkondetalbrücke, die erste semi-integrale Talbrücke der DB AG auf der Neubaustrecke Erfurt–Leipzig/Halle VDE 8.2. Beton- und Stahlbetonbau 105 (2010) 3, S. 134-141
- [10] **Häußler-Combe, U.; Hartig, J.:** Rissbildung von Stahlbeton bei streuender Betonzugfestigkeit. Bauingenieur 85 (2010) 11, S. 460-470

5 Die wichtigsten Konferenzbeiträge

- [1] **Hampel, T.; Bösche, T.; Anker, S.; Scheerer, S.; Curbach, M.:** Untersuchung des Gefährdungspotentials älterer Spannbetonbrücken infolge Spannungsrisskorrosion in Mecklenburg-Vorpommern. In: Institut für Massivbau, Technische Universität Dresden (Hrsg.): 20. Dresdner Brückenbausymposium, Dresden, 15. und 16. März 2010. S. 255-267
- [2] **Ehlig, D.; Jesse, F.; Curbach, M.:** RC Slabs with Textile Reinforced Concrete (TRC) Strengthening Under Fire Loading. 3rd International fib Congress, Washington, D.C., May 29 - June 2 2010. Paper 307 – DVD-Rom
- [3] **Ortlepp, R.; Brückner, A.; Curbach, M.:** Influence of Textile Reinforcement on the Principle Stress Condition of Strengthened RC Beams. 3rd International fib Congress, Washington, D.C., May 29 - June 2 2010. Paper 147 – DVD-Rom
- [4] **Jesse, F.; Jesse, D.:** High Performance Composite Textile Reinforced Concrete – Definitions, Properties and Applications. 3rd International fib Congress, Washington, D.C., May 29 - June 2 2010. Paper 157 – DVD-Rom
- [5] **Lorenz, E.; Schladitz, F.; Jesse, F.; Curbach, M.:** Textile Reinforced Concrete (TRC) for Strengthening of RC Structures – Report from Practical Application. 3rd International fib Congress, Washington, D.C., May 29 - June 2 2010. Paper 303 – DVD-Rom
- [6] **Jesse, D.; Jesse, F.:** Textile Reinforced Concrete for Lightweight Segmental Bridges with Post-Tensioning. 3rd International fib Congress, Washington, D.C., May 29 - June 2 2010. Paper 154 – DVD-Rom
- [7] **Lorenz, E.; Ortlepp, R.:** Anchoring Failure Mechanisms of Textile Reinforced Concrete Strengthening of RC Structures. In: Aldea, C.-M. (Hrsg.): Proceedings of the ACI 2010 Fall Convention, Pittsburgh, 24. –28.10.2010
- [8] **Marx, S.; Schacht, G.:** Concrete Hinges – Historical Development and Contemporary Use. 3rd International fib Congress, Washington D.C., May 29 - June 2 2010. Paper 89 – DVD-Rom
- [9] **Speck, K.; Curbach, M.:** Fracture criterion for all concretes: Normal, lightweight, high- and ultra-high-performance concrete. In: Zingoni, A.: Advances and Trends in Structural Engineering, Mechanics and Computation. Proceedings of the fourth international conference on structural engineering, mechanics and computation, 6-8 September 2010, Cape Town, South Africa. Taylor & Francis Group, London, 2010 – ISBN 978-0-415-58472-2
- [10] **Beckmann, B.; Hummeltenberg, A.; Weber, T.; Curbach, M.:** Concrete under High Strain Rates: Local Material and Structure Response to Impact Loading. In: The First International Conference of Protective Structures, Manchester, 29.9.-1.10.2010, Proceedings
- [11] **Lindorf, A.:** Zmęczenie przyczepności między betonem a zbrojeniem pod wpływem rozciągania poprzecznego. In: VI Konferencja DNI BETONU 2010 – tradycja i nowoczesność, 11.-13.10.2010, Wisła. Kraków : Stowarzyszenie Producentów Cementu (spc), 2010, S. 767-776 – ISBN 978-83-61331-09-4
- [12] **Hartig, J.; Häußler-Combe, U.:** A model for the uniaxial tensile behaviour of Textile Reinforced Concrete with a stochastic description of the concrete material properties. In: Bicanic, N.; de Borst, R.; Mang, H.; Meschke, G. (Hrsg.): Computational Modelling of Concrete Structures - Proceedings of the EURO-C 2010. London : Taylor & Francis, 2010, S. 153-162
- [13] **Kitzig, M.; Häußler-Combe, U.:** Multi-axial modeling of plain concrete structures based on an anisotropic damage formulation. In: Bicanic, N.; de Borst, R.; Mang, H.; Meschke, G. (Hrsg.): Proceedings of EURO-C 2010. 15-18 March 2010, Rohrmoos/Schladming, Austria, 2010, S. 163 -171

6 Leistungen in der Lehre

Hauptaufgabe der Universität und des Instituts ist 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.

Lehrveranstaltungen Wintersemester 2009 / 2010

Veranstaltung	Art	Sem.	Vortragender	SWS	Fak.
Massivbrückenbau	V	7.	Marx	2	BIW
Stahlbetonbau	V	5.	Marx	1	BIW
Stahlbetonbau	Ü	5.	Ritter	1	BIW
Entwurf von Massivbauwerken	V	7.	Marx	2	BIW
Verstärken von Massivbauwerken	V	7.	Marx	2	BIW
Ausgew. Kapitel Stahlbetonbau	V	9.	Marx	1	BIW
Computational Engineering im Massivbau	V	7.	Häußler-Combe	2	BIW
Computational Engineering im Massivbau	Ü	7.	Häußler-Combe	1	BIW
Mauerwerksbau	V	5.	Häußler-Combe	1	BIW
Schräggabelbrücken	V	7.	Svensson	1	BIW
Großer Beleg	B	9.	Marx		BIW



Zeugnisübergabe beim Tag der Fakultät 2010.

Lehrveranstaltungen Sommersemester 2010

Veranstaltung	Art	Sem.	Vortragender	SWS	Fak.
Stahlbetonbau	V	4.	Marx	2	BIW
Stahlbetonbau	V	6.	Marx	2	BIW
Stahlbetonbau	Ü	6.	Ritter	2	BIW
Stahlbetonbau	V	6.	Jesse/Scheerer	2	WaWi
Stahlbetonbau	Ü	6.	Jesse/Scheerer	2	WaWi
Stahlbetonkonstruktionslehre	V	6.	Häußler-Combe	2	BIW
Stahlbetonkonstruktionslehre	Ü	6.	Häußler- Combe	1	BIW
Schräggabelbrücken	V	8	Svensson	1	BIW
Computational Engineering im Massivbau	V	8.	Häußler-Combe	2	BIW
Computational Engineering im Massivbau	Ü	8.	Häußler- Combe	1	BIW
Verstärken von Massivbauwerken	Ü	8.	Marx	1,5	BIW
Mess- und Versuchstechnik	V	8.	Marx	1	BIW
Mess- und Versuchstechnik	Ü	8.	Marx	0,5	BIW

Lehrveranstaltungen Wintersemester 2010 / 2011

Veranstaltung	Art	Sem.	Vortragender	SWS	Fak.
Massivbrückenbau	V	7.	Jesse	2	BIW
Stahlbetonbau	V	5.	Speck	1	BIW
Stahlbetonbau	Ü	5.	Ritter	1	BIW
Entwurf von Massivbauwerken	V	7.	Schwiteilo	2	BIW
Verstärken von Massivbauwerken	V	7.	Schacht	2	BIW
Computational Engineering im Massivbau	V	7.	Häußler-Combe	2	BIW
Computational Engineering im Massivbau	Ü	7.	Häußler- Combe	1	BIW
Mauerwerksbau	V	5.	Häußler-Combe	1	BIW
Schräggabelbrücken	V	7.	Svensson	1	BIW
Nachhaltige Tragwerksplanung	V	7	Speck	1	BIW
Projektarbeit	B	9.	Schacht, Schröder, Schwiteilo, Ehlig	2	BIW

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 und Diplomarbeiten lernen die Studenten Methoden der wissenschaftlichen Arbeit als auch die Vielfalt der Forschungsgebiete kennen. Zugleich bedeutet die Einbeziehung der Studenten eine nennenswerte Erhöhung des Forschungspotentials.

Anzahl Diplomarbeiten in den Jahren 2005–2010

(maßgebend ist der Tag der Verteidigung)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Diplomarbeiten	3	5	1	3	9	4

7 Wissenschaftlicher Nachwuchs

Ebenso wie die Ausbildung von Studierenden ist es die Aufgabe der Universität wissenschaftlichen Nachwuchs heranzubilden. Vom ersten Tag im Institut bis zur Verteidigung der Dissertation geht es darum, die neuen Mitarbeiter zu wissenschaftlicher Arbeit zu befähigen. Wir verstehen darunter die Fähigkeit, komplexe wissenschaftliche Probleme mit wissenschaftlichen Methoden zu lösen und Ergebnisse zu präsentieren und zu diskutieren. Wichtig ist uns unter anderem Vielseitigkeit, Kreativität und die Fähigkeit, mit Anderen zusammen arbeiten zu können.

Unsere Doktoranden auf diesem Weg zu begleiten, individuell zu fördern und zu fordern ist Aufgabe der Institutsleitung und der Forschungsgruppenleiter. Messbares Ergebnis dieses mehrjährigen Prozesses ist letztlich die Verteidigung einer Dissertation. Im zurückliegenden Jahr 2010 verteidigte Dirk Jesse erfolgreich seine Arbeit auf dem Gebiet des Textilbetons. Weitere Abschlüsse auf diesem Forschungsgebiet wird es nach Ablauf der letzten Förderphase des SFB 528 im Jahr 2011 geben. Derzeit haben 18 wissenschaftliche Mitarbeiter das Ziel, am Institut für Massivbau zu promovieren.

Anzahl der Promotionen als Erstgutachter in den Jahren 2005–2010

	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Promotionen	1	2	3	2	4	1

Promotionen als Erstgutachter 2010

Jesse, Dirk

Tragverhalten von textilbewehrtem Beton unter zweiachialer Zugbeanspruchung

Anzahl der Promotionen als Zweit- oder Drittgutachter 2005–2010

	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Promotionen	3	3	5	2	5	1

Promotionen als Zweit- oder Drittgutachter 2009

Oesterlee, Cornelius

Structural Response of Reinforced UHPFRC and RC Composite Members

8 Austausch und Zusammenarbeit

Hervorragende wissenschaftliche Resultate sind heute nur in den seltensten Fällen Einzelleistungen. Vielmehr sind der wissenschaftliche Austausch und die Zusammenarbeit von Wissenschaftlern im eigenen Institut, in der Fakultät und in der nationalen und internationalen Community die Grundlage von neuen Erkenntnissen. Der hohe Grad der Verflechtung der Wissenschaftler im fachspezifischen Netzwerk ist Ausdruck der Akzeptanz und Qualität der eigenen Forschungstätigkeit.

Im Rahmen des EU-Förderprogrammes „Marie Curie – International Outgoing Fellowship“ begann **Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx** einen mehrmontatigen Aufenthalt an der University of California San Diego. Er beschäftigt sich dort im Department of Structural Engineering mit dem Thema „Impact Loads“.

Der Institutsdirektor und Inhaber des Lehrstuhls für Massivbau, **Prof. Dr.-Ing. Manfred Curbach**, ist *Chief Editor* der Schriftenreihe „Konstruktiver Ingenieurbau Dresden (KID)“ sowie Mitglied des wissenschaftlichen Beirats der Zeitschrift „Beton- und Stahlbetonbau“.

Deweiteren ist er Sprecher des Sonderforschungsbereiches 528 „Textile Bewehrungen zur bautechnischen Verstärkung und Instandsetzung“.

Außerhalb der TU-Dresden fungiert Prof. Curbach als Vorsitzender des DAfStb (Deutscher Ausschuss für Stahlbeton) sowie als Leiter der Deutschen Delegation (Head of Delegation) des Internationalen Beton-Verbandes fib (*federation internationale du beton*).

Der Inhaber des Lehrstuhls für Spezielle Massivbauwerke, **Prof. Dr.-Ing. habil. U. Häußler-Combe**, ist ECTS-Beauftragter (*European Credit Transfer System*) der Fakultät Bauingenieurwesen, Mitglied der Graduiertenkommission der TU-Dresden und Mitglied des Promotionsausschusses der Fakultät Bauingenieurwesen.

Außerhalb der Technischen Universität Dresden ist Prof. Häußler-Combe Mitglied im Deutschen Ausschuss für Stahlbeton, in der *German Association for Computational Mechanics*, in der Deut-

schen Gesellschaft für Erdbebeningenieurwesen und Baudynamik und im Verein der Straßenbau- und Verkehrsingenieure.

Als Dienstleistung für andere Universitäten und Institute erstellt das Institut für Massivbau Gutachten im Rahmen von Berufungsverfahren. 2010 wurden von Prof. Curbach folgende Gutachten erstellt:

- ❑ Gutachten zum Berufungsvorschlag Professur „Entwurf und Analyse von Tragwerken“ HafenCity Universität Hamburg
- ❑ Gutachten zum Berufungsvorschlag Professur „Konstruktiver Ingenieurbau/Brückenbau“ HTW Dresden
- ❑ Gutachten Vertretung Professur Massivbau, BTU Cottbus

9 Tagungen und Kongresse

Vom 15. – 16.3.2010 richtete das Institut für Massivbau das 20. Dresdner Brückenbausymposium mit der Verleihung des Deutschen Brückenbaupreises 2010 aus.

Leitung: Univ.-Prof. i.R. Dr.-Ing. Jürgen Stritzke in Zusammenarbeit mit dem Verein „Freunde des Bauingenieurwesens der TU Dresden e. V.“ und TUDIAS GmbH

Teilnehmer Dresdner Brückenbausymposium: 1880 (international)

Teilnehmer Verleihung des Deutschen Brückenbaupreises 2010: 1325 (international)

10 Anerkennungen

Einige Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Instituts für Massivbau wurden 2010 für hervorragenden Leistungen geehrt.

Gottfried-Brendel Preis

Marcus Krug, Steffen Müller (1. Preis)
„Netzwerkbogenbrücke aus hochfestem Beton“

Günther-Grüning-Preis

Dipl.-Ing. Gregor Schacht
„Berechnungsmodelle für Betongelenke“

Sonderpreis der Sächsischen Bauindustrie

Dipl.-Ing. Gregor Schacht
„Berechnungsmodelle für Betongelenke“

Nachwuchs-Förderpreis Ernst&Sohn

Dipl.-Ing. Katrin Schwiteilo
„Entwurf von Tragstrukturen – Natur, Architektur und Ingenieurbau“

Exzellenzpreis der Deutsch-Französischen Hochschule

Dipl.-Ing. Marc Wenner
„Nichtlineare Schienenspannungsberechnung unter Berücksichtigung des Zeiteinflusses der Belastung“



Beim 20. Dresdner Brückenbausymposium erhielt Prof. Jürgen Stritzke (Mitte) die Ehrenmedaillen der TU Dresden und der Bundesingenieurkammer. Uni-Rektor Prof. Hermann Kokenge (links) und der Prorektor für Universitätsentwicklung, Prof. Manfred Curbach, gratulierten.



PROMOTION

Dirk Jesse (Tag der Verteidigung 17. 12. 2010)

Tragverhalten von textilbewehrtem Beton unter zweiachialer Zugbeanspruchung

Das Trag- und Verbundverhalten textiler Bewehrungen wurde in den vergangenen Jahren umfassend experimentell untersucht. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse stützen sich jedoch fast ausschließlich auf einaxiale Beanspruchungszustände. Grundsätzlich können aus dem Vergleich von Versuchen an Rovings und an textilen Bewehrungsstrukturen Rückschlüsse auf den Einfluss der Quer- und Stützfäden und der verschiedenen Bindungstechniken auf das einaxiale Tragverhalten von Textilbeton getroffen werden. Offen bleibt jedoch, inwieweit sich die gefundenen Gesetzmäßigkeiten auf mehraxiale Beanspruchungssituationen übertragen lassen. Dadurch werden Fragen bezüglich des Tragverhaltens textiler Bewehrungen unter mehraxialen Zugbeanspruchungen aufgeworfen, welche die Motivation für die vorliegende Arbeit liefern.

Die hierzu durchgeführten experimentellen Untersuchungen umfassen 84 Einzelversuche und wurden in einem speziell für zweiachiale Zugbeanspruchungen entwickelten Versuchsaufbau durchgeführt. Als textile Bewehrungen kamen zwei verschiedene Gelegearten aus AR-Glas und Carbon zum Einsatz. Die Ergebnisse konnten die bisher ausschließlich an einaxialen Dehnkörpern gewonnenen Erkenntnisse über das Tragverhalten textiler Bewehrungen grundsätzlich bestätigen. Für den Übergang von Zustand I zum Zustand II konnte eine Abhängigkeit der Erstrissspannung vom Spannungsverhältnis nachgewiesen werden. Die Merkmale der Zustände IIa und IIb zeigen hingegen keine

signifikante Abhängigkeit vom Verhältnis aus Längs- und Querspannung. Darüber hinaus haben offenbar durch Querspannung induzierte bewehrungsparallele Risse keine maßgeblichen Auswirkungen auf das Verbundverhalten der Rovings in Längsrichtung.

Eine wesentliche Erkenntnis aus den biaxialen Zugversuchen mit Carbon betrifft den Einfluss der Welligkeit. Es wurde deutlich, dass der Abbau der Welligkeit in beschichteten textilen Bewehrungen hochgradig lastabhängig ist. In zahlreichen Versuchen mit Carbon kam es innerhalb des Zustands IIb zu Delamination, einem bisher in diesem Umfang nicht beobachteten Effekt. Die Erkenntnisse hinsichtlich des Abbaus der Welligkeit wurden im Anschluss auf das Tragverhalten von AR-Glas übertragen und führten zu einer Neubewertung des bei AR-Glas beobachteten Steifigkeitsdefizits im Zustand IIb.

Weiterhin wurde der Einfluss der Orientierung der Bewehrung unter einaxialer Beanspruchung an scheibenartigen Probekörpern untersucht. Es zeigte sich, dass die untersuchten Bewehrungen aus AR-Glas hinsichtlich der Tragfähigkeit bei schiefwinkliger Beanspruchung deutlich unempfindlicher reagieren als Bewehrungen aus Carbon. Für die Reduktion der effektiven Faserbruchspannungen wurde ein mathematisches Modell vorgestellt, welches eine getrennte Beschreibung der geometrischen Einflüsse sowie alle sonstigen, die Faserbruchspannung reduzierenden Effekte erlaubt.



PUBLIKATIONEN 2010

ZEITSCHRIFTEN & KONFERENZEN 2010

- Häußler-Combe, U.; Kitzig, M.: A Concrete Material Law for High-Strain-Rates based on Delayed Damage. In: Li, Q.M.; Hao, H.; Li, Z.X.; Yankelewsky, D. (eds.): Proceedings of the First International Conference of Protective Structures, Manchester, 2010. Paper 25, Book of Abstracts & CD of full papers
- Häußler-Combe, U.; Hartig, J.: Rissbildung von Stahlbeton bei streuender Betonzugfestigkeit. *Bauingenieur* 85 (2010) 11, S. 460-470
- Hampel, T.; Bösche, T.; Anker, S.; Scheerer, S.; Curbach, C.: Gefahr Spannungsrissskorrosion – Systematische Untersuchung des Brückenbestands in Mecklenburg-Vorpommern. *Bautechnik* 87 (2010) 1, S. 12-18 – doi:10.1002/bate.201010002
- Hampel, T.; Bösche, T.; Anker, S.; Scheerer, S.; Curbach, M.: Untersuchung des Gefährdungspotentials älterer Spannbetonbrücken infolge Spannungsrissskorrosion in Mecklenburg-Vorpommern. In: Institut für Massivbau, Technische Universität Dresden (Hrsg.): 20. Dresdner Brückenbausymposium, Dresden, 15. und 16. März 2010. S. 255-267
- Weiland, S.: Interaktion von Betonstahl und textiler Bewehrung bei der Biegeverstärkung mit textilbewehrtem Beton. Dissertation, Fakultät Bauingenieurwesen, 2010, 207 S. – urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-37944
- Scheerer, S.: Hochleistungsleichtbeton unter mehraxialer Druckbeanspruchung. Eine experimentelle Analyse. Dissertation, Fakultät Bauingenieurwesen, Technische Universität Dresden, 2010, 260 S. – urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-33407
- Marx, S.; Schacht, G.: Bemessungsmodelle für Betongelenke. *Der Prüflingenieur* 36 (2010) 4, S. 15-26
- Marx, S.; Schacht, G.: Concrete Hinges – Historical Development and Contemporary Use. 3rd International fib Congress, Washington D.C., May 29 - June 2 2010. Paper 89 – DVD-Rom
- Ehlig, D.; Jesse, F.; Curbach, M.: Textilbeton verstärkte Platten unter Brandbelastung. *Beton- und Stahlbetonbau* 105 (2010) 2, S. 102-110 – doi:10.1002/best.200900069
- Ehlig, D.; Jesse, F.; Curbach, M.: RC Slabs with Textile Reinforced Concrete (TRC) Strengthening Under Fire Loading. 3rd International fib Congress, Washington, D.C., May 29 - June 2 2010. Paper 307 – DVD-Rom
- Hartig, J.; Häußler-Combe, U.: A model for the uniaxial tensile behaviour of Textile Reinforced Concrete with a stochastic description of the concrete material properties. In: Bicanic, N.; de Borst, R.; Mang, H.; Meschke, G. (eds.): Computational Modelling of Concrete Structures, Proceedings of the EURO-C 2010 in Rohrmoos/Schladming. London : Taylor & Francis, 2010, pp. 153-162
- Hartig, J.; Häußler-Combe, U.: A model for the uniaxial tensile behaviour of textile reinforced concrete (TRC) covering effects at the micro and meso scales. In: Klingbeil, D.; Vormwald, M.; Eulitz, K.-G. (eds.): 18th European Conference on Fracture – Fracture of Materials and Structures from Micro to Macro Scale, 30.08-03.09.2010, TU Dresden. Deutscher Verband für Materialforschung und -prüfung e.V., Berlin, 2010, pp. 91 (Book of Abstracts) & CD of full papers
- Hartig, J.; Häußler-Combe, U.: A model for the uniaxial tensile behaviour of textile reinforced concrete (TRC) covering effects at the micro and meso scales. In: Mechtcherine, V.; Kaliske, M. (eds.): Fracture and Damage of Advanced Fibre-reinforced Cement-based Materials. Aedificatio Publishers, Freiburg, 2010, pp. 213-221
- Hartig, J.; Jesse, F.; Häußler-Combe, U.: Evaluation of Experimental Setups for Determining the Tensile Strength of Textile Reinforced Concrete. In: Brameshuber, W. (edt.): 2nd International

- Conference on Textile Reinforced Concrete (ICTRC2010), Proceedings of the International RILEM Conference on Material Science (MatSci). 6.-10.09.2010, RWTH Aachen. RILEM Publications S.A.R.L., Vol. 1, pp. 117-127
- Ortlepp, R.; Brückner, A.; Curbach, M.: Influence of Textile Reinforcement on the Principle Stress Condition of Strengthened RC Beams. 3rd International fib Congress, Washington, D.C., May 29 - June 2 2010. Paper 147 – DVD-Rom
- Kitzig, M.; Häußler-Combe, U.: Multi-axial modeling of plain concrete structures based on an anisotropic damage formulation. In: Bicanic, N.; de Borst, R.; Mang, H.; Meschke, G. (eds.): Computational Modelling of Concrete Structures, Proceedings of the EURO-C 2010 in Rohrmoos/Schladming. London : Taylor & Francis, 2010, pp. 163-171
- Curbach, M.; Hampel, T.; Scheerer, S.; Speck, K.: Experimentelle Analyse des Tragverhaltens von Hochleistungsbeton unter mehraxialer Beanspruchung. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, DAfStb-Heft – zur Veröffentlichung angenommen im Mai 2009
- Speck, K.; Curbach, M.: Ein einheitliches dreiaxiales Bruchkriterium für alle Betone. Beton- und Stahlbetonbau 105 (2010) 4, S. 233-243 – doi:10.1002/best.200900077
- Finzel, J.; Häußler-Combe, U.: Textile reinforced concrete sandwich panels: Bending tests and numerical analyses. In: Bicanic, N.; de Borst, R.; Mang, H.; Meschke, G. (eds.): Computational Modelling of Concrete Structures, Proceedings of the EURO-C 2010 in Rohrmoos/Schladming. London : Taylor & Francis, 2010, pp. 789-795
- Schacht, G.; Marx, S.; Bolle, G.: Experimentelle Tragsicherheitsbewertung bei nicht duktilem Bauteilversagen. 1. Tagung Nutzerorientierte Bausanierung, Weimar, 28.-29. September 2010. S. 139-146.
- Bolle, G.; Schacht, G.: Belastungsversuche an bestehenden Bauwerken – Geschichtliche Entwicklung und derzeitige Praxis. In: Historische Tragwerke in neuer Zeit. 29. Mitteldeutsches Bau-Reko-Kolloquium, 21. April 2010, Lutherstadt Wittenberg. Weimar : Verlag der Bauhaus-Universität Weimar, 2010, S. 79-104
- Jesse, F.; Jesse, D.: High Performance Composite Textile Reinforced Concrete – Definitions, Properties and Applications. 3rd International fib Congress, Washington, D.C., May 29 - June 2 2010. Paper 157 – DVD-Rom
- Lorenz, E.; Schladitz, F.; Jesse, F.; Curbach, M.: Textile Reinforced Concrete (TRC) for Strengthening of RC Structures – Report from Practical Application. 3rd International fib Congress, Washington, D.C., May 29 - June 2 2010. Paper 303 – DVD-Rom
- Jesse, D.; Jesse, F.: Textile Reinforced Concrete for Lightweight Segmental Bridges with Post-Tensioning. 3rd International fib Congress, Washington, D.C., May 29 - June 2 2010. Paper 154 – DVD-Rom
- Marx, S.; Schacht, G.: Gelenke im Massivbau. Beton- und Stahlbetonbau 105 (2010) 1, S. 27-35 – doi:10.1002/best.200900061
- Schacht, G.; Marx, S.: Unbewehrte Betongelenke – 100 Jahre Erfahrung im Brückenbau. Beton- und Stahlbetonbau 105 (2010), Heft 9, S. 599-607 – doi:10.1002/best.201000030
- Lindorf, A.; Curbach, M.: S-N curves for fatigue of bond in reinforced concrete structures under transverse tension. Engineering Structures 32 (2010) 10, pp. 3068-3074 – doi:10.1016/j.engstruct.2010.05.025
- Lindorf, A.: Woher kommen die Bemessungswerte der Verbundspannung? Beton- und Stahlbetonbau 105 (2010) 1, S. 53-59 – doi:10.1002/best.200900048
- Lindorf, A.: Zmęczenie przyczepności między betonem a zbrojeniem pod wpływem rozciągania poprzecznego. In: VI Konferencja DNI BETONU 2010 – tradycja i nowoczesność, 11.-13.10.2010, Wisła. Kraków : Stowarzyszenie Producentów Cementu (spc), 2010, S. 767-776 – ISBN 978-83-61331-09-4
- Schladitz, F.; Hoffmann, A.; Graf, W.; Lorenz, E.; Jesse, F.: Strengthening of a Barrel Shell with Textile Reinforced Concrete - Part I: Dimensioning and Design. In: Aldea, C.-M. (Hrsg.): Proceedings of the ACI 2010 Spring Convention, Chicago, 21.-25.03.2010., 2010
- Lorenz, E.; Schladitz, F.; Jesse, F.; Curbach, M.: Strengthening of a Barrel Shell with Textile Reinforced Concrete - Part II: Practical Experience. In: Aldea, C.-M. (Hrsg.): Proceedings of the ACI 2010 Spring Convention, Chicago, 21.-25.03.2010., 2010

MITARBEITER

Stand: 31.12.2010

Institut für Massivbau

Professur für Massivbau

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Manfred Curbach
Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx
(z.Zt. UC San Diego Jacobs School of Engineering
via Marie-Curie-Programm)
Gastprofessor Dr.-Ing. Frank Jesse
(z.Zt. BTU Cottbus, Lehrstuhl für Massivbau)

Geschäftsführende Oberingenieurin

Dr.-Ing. Silke Scheerer

Oberingenieur Projektmanagement

Dipl.-Krist. Wolfgang Leiberg

Organisation Lehre

Dr.-Ing. Kerstin Speck

Sekretariat

Silvia Haubold
 Cornelia Dehne

Professur für Spezielle Massivbauwerke

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

Sekretariat

Angela Heller

Wissenschaftliche Mitarbeiter

Dipl.-Ing. Birgit Beckmann
 Dipl.-Ing. Anett Brückner
 Dipl.-Ing. (FH) Daniel Ehlig
 Joachim Finzel M.Sc.
 Dipl.-Ing. Anja Hummeltenberg
 Dipl.-Ing. Jens Hartig
 Martin Just M.Sc.
 Dipl.-Ing. Mirko Kitzig
 Tino Kühn M. Sc.
 Dipl.-Ing. Laura Lemnitzer
 Dipl.-Ing. Alexander Lindorf
 Enrico Lorenz M.Sc.
 Dr.-Ing. Harald Michler
 Dr.-Ing. Regine Ortlepp
 Dipl.-Ing. Thomas Popp
 Dipl.-Math. Dirk Reischl
 Dipl.-Ing. Robert Ritter
 Dipl.-Ing. Gregor Schacht
 Frank Schladitz M.Sc.

Dr.-Ing. Thoralf Schober
 Dipl.-Ing. Steffen Schröder
 Dipl.-Ing. Katrin Schwiteilo

Technische Mitarbeiter

Ulrich van Stipriaan M.A.
 Martin Weller

Promotionsstudenten

Dipl.-Ing. (FH) Bernd Eichenseer
 Dipl.-Ing. Viet Anh Nguyen

Otto-Mohr-Labor

Leiter OML

Dr.-Ing. Torsten Hampel

Stellvertreter OML

Dipl.-Ing. Kathrin Dietz

Sekretariat

Petra Kahle

Technische Mitarbeiter

Versuchsplanung und -durchführung
 Dipl.-Ing. Kathrin Dietz
 Doreen Sonntag
 Christian Dittrich
 Heiko Günther
 Heiko Wachtel
 Thomas Wagner

Prüfkörperherstellung

Rainer Belger
 Jens Hohensee
 Mario Polke-Schminke

Applikation Messtechnik

Annett Pöhland
 Maik Patricny
 Bernd Wehner

Werkstatt

Ludwig Beier
 Tino Jänke
 Andreas Thieme



*Der Übersetzungsversuch
„Red wine under impact“ zu
„Der Rotwein war beeindruckend“
ist kein vorzeigenswertes Ergebnis
unwissenschaftlicher Forschung!*

Dank an unsere Förderer

Deutsche
Forschungsgemeinschaft

DFG



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Ideen eine Zukunft geben



Bundesamt
für Bauwesen und
Raumordnung

TORKRET

bast

Landesamt für Straßenbau und Verkehr
Mecklenburg-Vorpommern

Staatsbetrieb Sächsisches Immobilien-
und Baumanagement



»Wissen schafft Brücken.«