DARMSTADT CONCRETE

ANNUAL JOURNAL ON CONCRETE AND CONCRETE STRUCTURES

www.darmstadt-concrete.de



VOL. 33 2018 *DEUTSCHE AUSGABE*

DARMSTADT CONCRETE ist das jährliche Fachjournal zu Forschungsfragen aus dem Bereich Massivbau und Baustofftechnologie des Instituts für Massivbau, Technische Universität Darmstadt, Franziska-Braun-Str. 3, D-64287 Darmstadt, Germany

Als Herausgeber des Journals fungiert C.-A. Graubner
ISSN 0931-1181

1 JAHRESRÜCKBLICK DES INSTITUTS FÜR MASSIVBAU 1

1.1 EDITORIAL UND JAHRESRÜCKBLICK 1

1.2 MITWIRKUNG IN GREMIEN 6

1.3 SEMINARE UND VERANSTALTUNGEN 8

1.3.1 WEITERBILDUNG FÜR TRAGWERKSPLANER 8

1.3.2 DARMSTÄDTER MASSIVBAUSEMINAR 10

1.3.3 DARMSTÄDTER BETONFERTIGTEILTAGE 12

1.4 EXKURSIONEN 14

1.4.1 PFINGSTEXKURSION DER TU DARMSTADT UND TU KAISERSLAUTERN 14

1.4.2 GEMEINSCHAFTSEXKURSION TGA UND SFM & SD 16

1.5 PERSONALIA 18

1.6 PREISE 20

1.6.1 PREISE DES FREUNDE-VEREINS 20

1.6.2 DRESSLER BAU-PREIS 21

1.6.3 IMMOBILIEN-FORSCHUNGSPREIS 22

1.6.4 IMPLENIA AWARD 22

1.6.5 KURTH-RUTHS-PREIS 23

1.7 DANKSAGUNGEN 24

1.8 VERÖFFENTLICHUNGEN 27

1.9 STUDENTISCHE ABSCHLUSSARBEITEN AM INSTITUT FÜR MASSIVBAU 32

2 DARMSTADT CONCRETE 2018: FACHARTIKEL 36

2.1 FORSCHUNGSGEBIETE AM INSTITUT FÜR MASSIVBAU 36

2.2 FORSCHUNGSFELD: KONSTRUKTION UND ENTWURF 37

MONTE-CARLO-SIMULATION UNBEWEHRTER MAUERWERKSWÄNDE UNTER BERÜCKSICHTIGUNG RÄUMLICH STREUENDER MATERIALEIGENSCHAFTEN

Lukas Bujotzek, Dominik Müller 38

UNTERSUCHUNGEN ZUM RISSABSTAND TEXTILBEWEHRTER BETONBAUTEILE

Redouan El Ghadioui 40

EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNG ZUM VERBUNDVERHALTEN VON BFVK-BEWEHRUNG

Sebastian Hofmann 42

TEXTILBEWEHRTE BETONPLATTEN UNTER PUNKTFÖRMIGEN EINZELLASTEN (VORVERSUCHE)

Larissa Krieger 44

SCHUBKRAFTÜBERTRAGUNG IN FUGEN ZWISCHEN BETONEN UNTERSCHIEDLICHEN ALTERS

René Mazur 46

STATISTISCHE UNSICHERHEITEN BEI DER BESTIMMUNG VON MATERIALEIGENSCHAFTEN FÜR DIE NACHRECHNUNG VON BESTANDSGEBÄUDEN

Dominik Müller.....48

MOMENT-NORMALKRAFT-INTERAKTION AM KNOTEN VON MAUERWERKSWAND UND TEILAUFLIEGENDER DECKE

Benjamin Purkert 50

EINHEITLICHES QUERKRAFTMODELL FÜR SCHLANKE BEWEHRTE BETONBAUTEILE OHNE SCHUBBEWEHRUNG

Ngoc Linh Tran 52

ENTWICKLUNG EINER THERMISCHEN ENTKOPPELUNG VON STAHLBETONWÄNDEN IM WAND-DECKENKNOTEN

Jochen Zeier 54

2.3 FORSCHUNGSFELD: MINERALISCHE UND ÖKOLOGISCHE BAUSTOFFE.....56

SCHWINDARME BETONE FÜR BAUTEILE IM INFRASTRUKTURBEREICH

Christian Herget, Tilo Proske.....57

EINFLUSS DER PERMEABILITÄT TEXTILER SCHALUNGEN AUF DIE DAUERHAFTIGKEIT VON BETONBAUTEILEN

Moien Rezvani, Tilo Proske, Sascha Hickert, Vincent von Goertzke 59

EINFLUSS DER LUFTFEUCHTE AUF DIE KARBONATISIERUNG VON ETTRINGIT, PORTLANDIT UND C-S-H-PHASEN

Sarah Steiner, Tilo Proske.....61

2.4 FORSCHUNGSFELD: ENERGIE UND NACHHALTIGKEIT 63

ÖKOLOGISCHE UND ÖKONOMISCHE BEWERTUNG VON BATTERIEBETRIEBENEN FAHRZEUGEN

Marleen Fischer.....64

POTENZIALE ENERGETISCHER MODERNISIERUNG IM DEUTSCHEN GEBÄUDEBESTAND

André Müller.....66

ENTWICKLUNG DYNAMISCHER EMISSIONSFAKTOREN FÜR DEN DEUTSCHEN STROM-MIX

Patrick Wörner, André Müller 68

1 JAHRESRÜCKBLICK DES INSTITUTS FÜR MASSIVBAU

1.1 EDITORIAL UND JAHRESRÜCKBLICK

Liebe Freunde und Partner des Instituts für Massivbau,

sehr geehrte Damen und Herren,

die vorliegende 33. Ausgabe von „Darmstadt Concrete“ informiert Sie in guter Tradition zum Jahreswechsel über die Aktivitäten des Instituts in Forschung, Lehre und Gremienarbeit im abgelaufenen Jahr 2018. Gleichzeitig möchten wir Ihnen aktuelle personelle Veränderungen am Institut für Massivbau bekannt geben und allen Personen und Institutionen danken, die uns im vergangenen Jahr in Forschung und Lehre inhaltlich und materiell unterstützt haben. Wir hoffen, dass dieser Überblick über unsere Aktivitäten ihr Interesse findet und wünschen viel Vergnügen bei der Lektüre.

Aus dem Bereich Lehre ist zu berichten, dass in 2018 insgesamt 12 Vorlesungsmodule angeboten wurden und wir dabei insgesamt über 930 Studierende in vielfältigen Bereichen des Bauingenieurwesens mit den Grundlagen des Massivbaus, des Mauerwerksbaus, des Spannbetonbaus und des Brückenbaus vertraut gemacht haben. Auch zu den Inhalten der Technischen Gebäudeausrüstung, der Ökobilanzierung von Bauwerken, des Facility Managements sowie zu Fragen der Sicherheit und Zuverlässigkeit von Bauwerken und zur Baudynamik wurden Vorlesungen und Übungen angeboten. Diese inhaltliche Breite unseres Lehrangebots wäre ohne die tatkräftige Unterstützung einer Reihe hochqualifizierter Lehrbeauftragter und externer Referenten nicht möglich gewesen. Ihnen allen sei an dieser Stelle für ihr außergewöhnliches, ehrenamtliches Engagement gedankt. Um die Studierenden in das wissenschaftliche Arbeiten einzuführen, wurden im Jahr 2018 mehr als 25 Bachelorarbeiten und über 35 Masterarbeiten betreut. Unsere Gratulation gilt in diesem Jahr ganz besonders unseren Absolventen Frau Melanie Stöcker, M.Sc. und Herrn Dominik Hiesch, M.Sc., die im Frühjahr und im Herbst 2018 vom Fachbereich für Bau- und Umweltingenieurwissenschaften als jeweils Jahrgangsbeste ausgezeichnet wurden. Zudem konnten weitere Absolventen namhafte Preise gewinnen. In diesem Kontext sind Frau Olivia Schneider, B.Sc. und Herr Marcel Killian, B.Sc. zu nennen, die den diesjährigen Dreßler Bau-Preis für ihre Bachelorarbeiten erhielten. Des Weiteren wurde Frau Christina Dallinger, B.Sc. mit dem Implenia Award 2018 für die beste Bachelorthesis in der Kategorie Hochbau ausgezeichnet.

Den Förderpreis der Freunde des Instituts für die beste Masterthesis auf dem Gebiet des Massivbaus erhielt Herr Dominik Hiesch, M.Sc.

Der zum zweiten Mal ausgelobte Preis der Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau e. V. für erstklassige Studienleistungen auf dem Gebiet des Fertigteilbaus wurde an Herrn Lukas Bujotzek, B.Sc. verliehen.

Für seine herausragende, mit Auszeichnung bewertete Dissertation zum Thema „Shrinkage model for concrete made of limestone-rich cements“ wurde Herr **Dr.-Ing. Moien Rezvani** mit dem Kurt-Ruths-Preis ausgezeichnet, welcher ihm in einer feierlichen Zeremonie am 14. Februar 2018 im Georg-Christoph-Lichtenberg-Haus verliehen wurde. Nicht unerwähnt bleiben darf der Preis der Freunde des Instituts für Massivbau für die beste am Fachgebiet abgeschlossene Promotion, der dieses Jahr an Frau **Dr.-Ing. Claudia Weißmann** für ihre Arbeit zum Thema „Effizienter Einsatz erneuerbarer Energieträger in vernetzten Wohnquartieren“ ging. Wir gratulieren beiden Preisträgern und bedanken uns herzlich bei allen Auslobern von Förderpreisen.

Im Jahre 2018 wurden von unserem Team zahlreiche Forschungsprojekte bearbeitet. Abgeschlossen werden konnte das Vorhaben „Entwicklung einer thermischen Entkoppelung von Stahlbetonwänden im Wand-Deckenknoten“. Es wurden aber auch eine Reihe neuer Forschungsideen erfolgreich einer Bewilligung zugeführt. Sehr stolz sind wir in diesem Zusammenhang auf die gemeinsam mit dem Institut IWU realisierte Einwerbung des Großprojektes „E4Q - Einbindung erneuerbarer Energieträger in die Energieversorgung vernetzter Quartiere“ beim Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Im Rahmen des Großprojektes C³ Carbon Concrete Composite des Bundesministeriums für Bildung und Forschung wurden wir mit der Bearbeitung des Forschungsvorhabens „C³-V4.19 - Carbonbewehrte Parkhausdeckenplatten“ beauftragt. Das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) hat uns mit zwei neuen Vorhaben zur „Entwicklung von basaltbewehrten Deckenplatten für den Wohnungsbau“ und zur Thematik “Modifizierte Teilsicherheitsbeiwerte für Mauerwerkswände im Bestand“ betraut, deren Bearbeitung gerade gestartet ist. Gemeinsam mit der Bundesanstalt für Materialprüfung in Berlin waren wir bei der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) mit einem Antrag zur „Schaffung von Bemessungsgrundlagen für Lehmmauerwerk

auf Basis von DIN EN 1996/NA mittels experimenteller und numerischer Untersuchungen“ erfolgreich.

Wir möchten Sie darüber informieren, dass auf maßgebliche Initiative von Herrn Prof. Graubner im Januar 2018 der Deutsche Ausschuss für Mauerwerk e. V. (DAfM) gegründet wurde. Zweck der Vereinigung ist die Förderung der wissenschaftlichen Erforschung des Mauerwerks, die insbesondere durch Ausarbeitung von Richtlinien, Austausch und Publikation von Forschungsergebnissen sowie Mitwirkung in Normungsvorhaben im Fachbereich 06 des NABau im DIN e. V. erreicht werden soll. Herr Prof. Graubner wurde als stellvertretender Vorsitzender des DAfM gewählt und zum Obmann des Forschungsbeirates des DAfM ernannt.

Seit April 2018 wirkt unsere Mitarbeiterin Frau Marleen Fischer, M.Sc. am Kopernikus-Forschungsprojekt „Energiewende-Navigationssystem ENavi“ (Bundesministerium für Bildung und Forschung) unter Leitung von Herrn Professor Oechsner der Material- und Prüfanstalt der TU Darmstadt mit. Frau Marleen Fischer, M.Sc. ist zudem assoziiertes Mitglied der Darmstädter Graduiertenschule „Darmstadt Graduate School of Excellence Energy Science and Engineering“. In diesem Kontext möchten wir der Darmstädter Graduiertenschule dafür danken, dass aktuell zwei ihrer Stipendiaten bei uns forschen können.

Dieser Jahresrückblick soll neben der Darstellung des Geleisteten aber auch dazu dienen, unseren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern für ihre Arbeit und ihren Einsatz zu danken. Ohne die hohe Qualität und das unermüdliche Engagement, mit denen unsere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, wie auch unsere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter im Sekretariat, im Technischen Dienst und in den Laboren ihre Aufgaben und Projekte angehen, wären die Leistungen und Erfolge unseres Institutes in 2018 nicht denkbar gewesen.

Im ablaufenden Jahr konnten zwei ehemalige Institutsmitarbeiter ihre Promotion abschließen. Wir beglückwünschen hierzu:

Dr.-Ing. **Valentin Förster**:	*Tragfähigkeit unbewehrter Beton- und Mauerwerksdruckglieder*
Dr.-Ing. **Jaroslav Kohoutek**:	*Zuverlässigkeit integraler Straßenbrücken in Massivbauweise*

Herr Dr.-Ing. Kohoutek arbeitet bereits seit 2015 in verantwortungsvoller Position bei der Deutschen Bahn, während Herr Dr.-Ing. Förster zu Beginn des Jahres 2018 als Tragwerksplaner in ein großes Ingenieurbüro in Frankfurt gewechselt hat. Ausgeschieden aus dem Institut für Massivbau ist auch Frau Dr.-Ing. Claudia Weißmann, welche jetzt für ein Beratungsunternehmen tätig ist. Frau Larissa Krieger, M.Sc. kehrt nach ihrer Elternzeit an das Institut zurück, um ihr Promotionsvorhaben fortzusetzen.

In diesem Jahr konnte Herr **Dr.-Ing. habil. Ngoc Linh Tran** seine Habilitation erfolgreich abschließen und erhielt die venia legendi für das Fach Massivbau. Seine Habilitationsschrift trägt den Titel „*Shear strength of slender RC members without shear reinforcement*“. Herr Dr.-Ing. habil. Ngoc Linh Tran bleibt im Rahmen einer Postdoktorandenstelle dem Institut für Massivbau weiterhin erhalten.

Als neue Mitarbeiter begrüßen wir:
Herrn **Christian Herget, M.Sc.** zum 01.03.2018
Frau **Dipl.-Ing. Martina Lohmeier** zum 01.10.2018
Herrn **Dominik Hiesch, M.Sc.** zum 01.04.2019

An dieser Stelle möchten wir, wenn auch zeitlich etwas verzögert, Herrn **Prof. Eric Brehm** zu seiner Professur für Stahlbeton- und Mauerwerksbau an der Hochschule Karlsruhe - Technik und Wirtschaft sowie Herrn **Prof. Christian Glock** zu seiner Professur für Massivbau an der Technischen Universität Karlsruhe gratulieren. Somit haben nun insgesamt fünf ehemalige wissenschaftliche Mitarbeiter des Instituts für Massivbau unter Leitung von Herrn Prof. Graubner eine Professur an einer deutschen Hochschule inne:

Prof. Dr.-Ing. **Eric Brehm**	Hochschule Karlsruhe - Technik und Wirtschaft
Prof. Dr.-Ing. **Andreas Garg**	Hochschule Mainz
Prof. Dr.-Ing. **Christian Glock**	Technische Universität Kaiserslautern
Prof. Dr.-Ing. **Eric Simon**	Technische Hochschule Nürnberg
Prof. Dr.-Ing. **Benjamin von Wolf-Zdekauer**	Hochschule Mainz

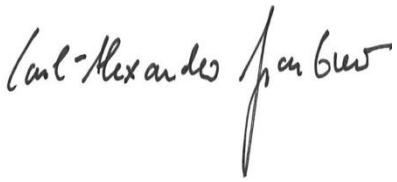
Nicht zuletzt möchten wir uns an dieser Stelle auch bei den Freunden des Instituts für Massivbau der TU Darmstadt e.V. bedanken, ohne deren Unterstützung manch kleine aber auch größere Maßnahme am und für das Institut sowie die Studierenden nicht hätte stattfinden

können. Namentlich gedankt sei an dieser Stelle dem Vorstandsvorsitzenden Herrn Dr.-Ing. Michael Six, dem Schatzmeister Dipl.-Ing. Dieter Hanek sowie den Vorstandsmitgliedern Frau Prof. Dr.-Ing. Katharina Klemt-Albert, Herrn Dr.-Ing. Gert Riegel und Herrn Dr.-Ing. Gerd Simsch, die uns stetig in vielfältiger Art und Weise beraten, fördern und wohlwollend unterstützen.

Die nachfolgend abgedruckten Kurzberichte sowohl in deutscher als auch in englischer Sprache geben Ihnen einen kurzen Einblick in die wissenschaftlichen Aktivitäten unserer Mitarbeiter. Bei weitergehendem Interesse kontaktieren Sie uns gerne. Eine Zusammenstellung der wissenschaftlichen Veröffentlichungen der Mitarbeiter im Jahre 2018 sowie weitere Informationen finden Sie auf der Homepage des Instituts unter:

http://www.massivbau.tu-darmstadt.de/massivbau

Wir wünschen Ihnen und Ihren Angehörigen im Namen des gesamten Instituts für Massivbau besinnliche Festtage und einen guten Start im neuen Jahr.



Univ.-Prof. Dr.-Ing. Carl-Alexander Graubner



Dr.-Ing. Tilo Proske

1.2 MITWIRKUNG IN GREMIEN

Herr Prof. Graubner wird auch in Zukunft als gewählter Obmann des Normungsausschusses NA 005-06-01 AA „Mauerwerksbau“ im national obersten Gremium in Normungsfragen insbesondere auf dem Gebiet des Mauerwerksbaus wissenschaftlich aktiv sein. Des Weiteren wird Herr Prof. Graubner im Leitungsgremium NABau Fachbereich 06 „Mauerwerksbau“, dem höchsten im DIN angesiedelten Normungsausschuss auf dem Gebiet des Mauerwerksbaus, als stellvertretender Vorsitzender wirken. Prof. Graubner vertritt außerdem die deutschen Interessen im Mauerwerksbau durch seine Mitarbeit in den europäischen Normungsgremien Scientific Committee 6, Working Group 1 und lenkt Project Team 2 zur Überarbeitung von DIN EN 1996-3. Überdies ist Prof. Graubner gewähltes Mitglied des Normungsausschusses NA 005-07-01 AA „Bemessung und Konstruktion“ des Fachbereichs Beton- und Stahlbetonbau. Als langjähriges Mitglied in mehreren Sachverständigenausschüssen des Deutschen Instituts für Bautechnik DIBt in Berlin sowie in mehreren Unterausschüssen des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton DAfStb bringt er zudem seine Expertise bei der Zulassung von Bauprodukten und bei der Ausarbeitung von Richtlinien ein.

Prof. Graubner ist seit 2012 im Redaktionsbeirat der Zeitschrift „Mauerwerk“ tätig und seit 2016 Autor des Kapitels Mauerwerk in den bekannten „Schneider Bautabellen“ sowie Herausgeber und Mitautor des Buchs „Mauerwerksbau – Praxishandbuch für Tragwerksplaner“, in welchem die neuesten Entwicklungen in Forschung und Praxis auf dem Gebiet des Mauerwerksbaus veröffentlicht werden. In 2018 wurde Prof. Graubner zum stellvertretenden Vorsitzenden des Deutschen Ausschusses für Mauerwerk (DAfM) gewählt und zum Obmann des Forschungsbeirates des DAfM ernannt.

Prof. Graubner ist stellvertretender Plattformsprecher in der Graduiertenschule „Energy Science and Engineering“ an der TU Darmstadt.

Zur Verankerung der Forschung auf dem Gebiet faserverstärkter Kunststoffbewehrung wird das Institut für Massivbau im Unterausschuss „Nichtmetallische Bewehrung“ des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton durch Mitarbeiter vertreten.

Übersicht zur Gremienarbeit am Institut für Massivbau:

Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN)

- NA 005-01-31 AA Nachhaltiges Bauen (Sp ISO/TC 59/SC 17 und CEN/TC 350)
- NA 005-51 FBR Fachbereichsbeirat KOA 01; Mechanische Festigkeit und Standsicherheit
- NA 005-06 FBR Lenkungsgremium Fachbereich 06 – Mauerwerksbau
- NA 005-06-01 AA Mauerwerksbau (Spiegelausschuss CEN/TC 125, CEN/TC 250/SC 6)" (Obmann)
- NA 005-06-33 AA Mauerwerk; Bauten aus Fertigbauteilen (Obmann)
- NA 005-07-01 AA Bemessung und Konstruktion (Sp CEN/TC 250/SC 2)

Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt)

- SVA „Beton-, Stahlbeton und Spannbetonbauteile“ A (413) und B1 (413 a)
- SVA „Bewehrungselemente“ B3 – (413c)
- SVA „Stahlfaserbeton“ A (449) und B (449a)
- SVA „Wandbauelemente, Mauerwerk“ B1 und B2
- SVA „Bauteile aus Faserbeton und textilbewehrtem Beton“ (71A und 71B)

Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb) im DIN

- TA Bemessung und Konstruktion (Sp CEN/TC 250/SC 2)
- TA Bemessung und Konstruktion „Unterausschuss Stahlfaserbeton“
- TA Bemessung und Konstruktion „Unterausschuss Nichtmetallische Bewehrung“

Féderation International du Béton (fib)

- C2 „Safety and performance concepts“

Comitée Européen de Normalisation (CEN)

- CEN/TC 250/SC 6 „Design of masonry structures“
- CEN/TC 250/SC 6/WG 1 „Evolution of EN 1996-1-1 – General rules for reinforced and unreinforced masonry structures“
- CEN/TC 250/SC 6/WG 2 „Simplified calculation methods“
- CEN/TC 250/SC 6/WG 2/PT 2 „Revised version of EN 1996-3“

Weitere Ausschüsse

- JCSS – Joint Committee on Structural Safety
- Forschungsbeirat der Deutschen Gesellschaft für Mauerwerksbau (DGfM)
- Deutscher Ausschuss für Mauerwerk (DAfM)
- American Concrete Institute (ACI)
- Réunion International de Laboratoire et de Matériaux (RILEM)
- Verband Deutscher Betoningenieure e.V. (VDB)

1.3 SEMINARE UND VERANSTALTUNGEN

1.3.1 WEITERBILDUNG FÜR TRAGWERKSPLANER

Wie in den letzten Jahren zuvor hat auch dieses Jahr das Institut für Massivbau zu der bekannten Fortbildungsreihe „Weiterbildung für Tragwerksplaner - Aus der Praxis für die Praxis“ eingeladen. Die insgesamt 21 Referenten an sechs Seminaren konnten den über 500 Teilnehmern im gesamten Jahr spannende Berichte aus der Praxis aufzeigen und den aktuellen Stand der Forschung und Normung darstellen. Im Frühjahr wurden sowohl Themen aus dem Bereich der Energieeffizienten Gebäude nach EnEV und nach GEG als auch Zwang in Betontragwerken behandelt. Mit neuartiger Bewehrung von Betonbauteilen mit verzinkter, hochfester Bewehrung mit zum Teil großen Durchmessern konnte auch auf der Baustoffseite ein spannender Einblick geboten werden. Im Herbst konnte die Fortbildungsreihe mit den Themen Brandschutz und Schalungstechnik zwei konstruktive Themenbereiche aufweisen, die vom globalen Thema Digitalisierung und BIM für Tragwerksplaner abgerundet wurden. Nachfolgend sind die sechs Einzelveranstaltungen aufgelistet:

- Energieeffiziente Bauwerke nach EnEV 2016 und GebäudeEnergieGesetz | 28.02.2018
- Neuartige Bewehrung von Stahlbetonbauteilen (verzinkt, Hochfest, große Durchmesser) | 07.03.2018
- Zwang in Betonbauteilen | 21.03.2018
- Brandschutz | 12.09.2018
- Digitalisierung und BIM für Tragwerksplaner | 26.09.2018
- Schalungstechnik - Bemessung und Konstruktion | 10.10.2018

Im nächsten Jahr wird die Seminarveranstaltung aufgrund der großen Teilnehmerzahl und positiven Resonanz fortgesetzt. Wieder einmal warten auf die Teilnehmer spannende Themen aus Forschung und Praxis. Wir versuchen erneut namhafte Referenten aus Wirtschaft und Wissenschaft gewinnen zu können, um viele Tragwerksplaner ansprechen zu können. Die Themen sind nachfolgend aufgeführt:

- Auslegungsfragen EC2 | 27.02.2019
- Spezielle Bemessungsprobleme | 13.03.2019
- Planungsrecht und Planungshaftung | 27.03.2019
- Risse - mechanischer Hintergrund, Berechnung, Instandsetzung | 28.08.2019
- Innovative Bauprodukte | 18.09.2019
- FE-Berechnung und Modellierung | 25.09.2018

Aktuelle Informationen und das Anmeldeformular sind auf der Homepage des Instituts Massivbau (www.massivbau.tu-darmstadt.de) unter der Rubrik „Veranstaltungen“ zu finden. Als Ansprechpartner steht Ihnen Herr Christian Herget, M.Sc. gerne zur Verfügung.

1.3.2 DARMSTÄDTER MASSIVBAUSEMINAR

Zum 40. Mal findet am 04. April 2019 das Darmstädter Massivbauseminar der Freunde des Instituts für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt statt, dieses Mal im MERCK Innovation Center unter der Überschrift „Frankfurter Hochhauskonferenz“. Das Seminar befasst sich mit den Herausforderungen, Chancen und Risiken, die mit dem Bau und der Nutzung von Hochhäusern einhergehen. Planer, Ausführende und Betreiber berichten aus der Praxis, stellen Innovationen vor und beleuchten den Spannungsbogen zwischen alten und neuen Herangehensweisen im Hochhausbau.



Abbildung 1-1 Ankündigung des 40. Darmstädter Massivbauseminars

Wir laden Sie herzlich zum gemeinsamen Erfahrungsaustausch auf dem Gebiet des Hochhausbaus ein. Für die Vortragsblöcke konnten namhafte Experten aus der Praxis gewonnen werden, welche anhand von Beispielen die Herausforderungen und Chancen des Hochhausbaus aufzeigen. Zudem bieten die integrierten Diskussionsrunden und Seminarpausen die Möglichkeit zum persönlichen und fachlichen Austausch sowie zum Knüpfen neuer Netzwerke.

Folgende Referenten konnten für das 40. Darmstädter Massivbauseminar gewonnen werden:

Frankfurter Hochhauskonferenz **04. April 2019**

Programm

08:30 **Anmeldung**

09:00 **Begrüßung**
Dr.-Ing. Michael Six
Vorsitzender des Vorstandes der Freunde des Instituts für Massivbau der TU Darmstadt e.V.

09:15 **Hochhausboom in Frankfurt - Trends und Herausforderungen**
Simone Zapke, leitende Magistratsdirektorin
Amtsleiterin Bauaufsicht Frankfurt am Main

09:45 **Resiliente Hochhausstrukturen: urban, langlebig, wandlungsfähig**
Dipl.-Ing. Architekt S.M. Arch./MIT Jürgen Engel
KSP Jürgen Engel Architekten

10:30 **Kaffeepause**

11:00 **Entwicklung von Hochhäusern in Frankfurt**
Prof. Dipl.-Ing. Volkmar Agthe
Tishman Speyer Properties

11:40 **Digitalisierung: Innovative Betriebskonzepte**
Dr.-Ing. Gert Riegel
Apleona HSG Facility Management

12:10 **Höher, schneller – Fertigteile? Rationelle Hochhauskonstruktionen**
Dr.-Ing. Hubert Bachmann
Ed. Züblin AG

12:45 **Mittagspause**

13:30 **3D-Modellierung kombinierter Pfahl-Platten-Gründungen am Beispiel des Projektes FOUR**
Prof. Dipl.-Ing. Hubert Quick
Quick und Kollegen - Ingenieure und Geologen

14:00 **Zeitgemäße Hochhaus-Tragwerke: Entwurf und Berechnung**
Dr.-Ing. Gerd Remmel
RSP Remmel + Sattler Ingenieurgesellschaft

14:45 **Besonderheiten bei der statischen Prüfung räumlich modellierter Tragkonstruktionen von Hochhäusern**
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Carl-Alexander Graubner
Dr.-Ing. Guido Hausmann
König und Heunisch Planungsgesellschaft

15:30 **Kaffeepause**

16:00 **Internationale Trends im Hochhausfassadenbau**
Dr.-Ing. Andreas Bachmann
Seele GmbH & Co. KG

16:30 **Brandschutztechnische Bemessung hoher Gebäude – Stand der Technik und normative Entwicklung**
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jochen Zehfuß
Technische Universität Braunschweig

17:00 **MULTI: Ein innovatives, seilloses Aufzugskonzept für moderne Hochhäuser**
Prof. Dipl.-Ing. Michael Cesarz
MULTI thyssenkrupp Elevator

17:30 **Schlusswort**
Dipl.-Ing. Dieter Hanek
Mitglied des Vorstandes der Freunde des Instituts für Massivbau der TU Darmstadt e.V.

Abbildung 1-2 Programm des Darmstädter Massivbauseminars 2019

Aktuelle Informationen und das Anmeldeformular sind auf der Homepage des Instituts Massivbau (www.massivbau.tu-darmstadt.de) unter der Rubrik „Veranstaltungen“ zu finden. Als Ansprechpartner stehen Ihnen Herr Christian Herget, M.Sc. und Herr Dr.-Ing. Moien Rezvani gerne zur Verfügung.

1.3.3 DARMSTÄDTER BETONFERTIGTEILTAGE

In Zusammenarbeit mit der Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau e. V. (FDB) und dem InformationsZentrum Beton fand 2018 die 11. Auflage der beliebten Seminarreihe „Darmstädter Betonfertigteiltage“ statt. Hierbei wurden die Besonderheiten der Fertigteilbauweise, die schon beim Entwurf beginnen und sich über spezielle Bauteile bzw. Bauweisen wie Ortbetonergänzungen oder vorgespannte Konstruktionen erstrecken, behandelt. Ebenso wurde über Stabilitätsversagen und über die Bemessung und Konstruktion von Verbindungen im Fertigteilbau referiert. Es konnten insgesamt über 80 Tragwerksplaner und Studierende zu der Seminarreihe begrüßt werden. Die Seminare wurden durch eine Fachausstellung namhafter Hersteller von Bauprodukten rund um das Thema Fertigteilbau ergänzt.

Auch im kommenden Jahr wird die Seminarreihe mit interessanten Fachvorträgen, Praxisbeispielen und der gefragten Fachausstellung weiter fortgeführt. Wir hoffen mit der Kombination aus interessanten Themen und namenhaften Referenten aus Wissenschaft und Praxis auch in Zukunft viele Ingenieure und Studierende ansprechen zu können. Folgende Themen werden im Jahr 2019 beleuchtet:

14.03.2019 | Grundlagen und Trends

15.03.2019 | Betonfertigteilkonstruktionen

21.03.2019 | Brandschutz und Verbindungen

22.03.2019 | Beton und Fassaden

Die Veranstaltung richtet sich neben den Ingenieuren aus der Praxis auch an Studierende, welche an einem gesonderten „Studententag“ die Bemessung von Betonfertigteilen näher behandeln. Somit kann die im Rahmen der Darmstädter Betonfertigteiltage stattfindende Vorlesung „Fertigteilkonstruktionen“ sinnvoll in ein konstruktives Studium eingebracht werden. Seit 2017 stiftet die Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau e. V. zudem den „FDB-Förderpreis“. Dieser prämiert den/die besten Absolventen/in im Fach Fertigteilkonstruktionen und wird jährlich verlieren. Der im Rahmen des Sommerfestes des Vereins der Freunde des Instituts für Massivbau verliehene Preis ging in diesem Jahr an Herrn Lukas Bujotzek.

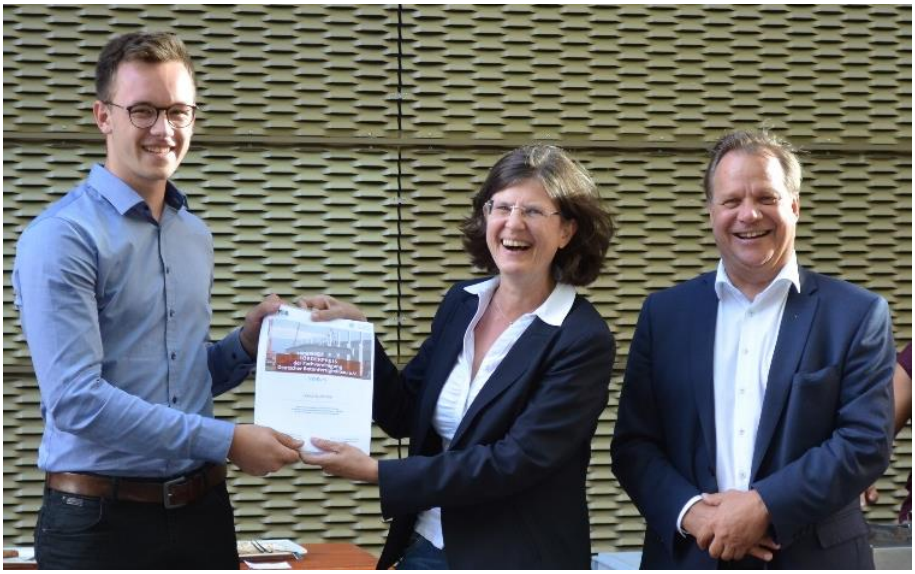


Abbildung 1-3 Verleihung des „FDB Förderpreises" 2018 (v.l.n.r.: Lukas Bujotzek, Elisabeth Hierlein (FDB e.V.), Prof. Graubner (TU Darmstadt))

Aktuelle Informationen sind auf der Homepage des Instituts für Massivbau (www.massivbau.tu-darmstadt.de) unter der Rubrik „Veranstaltungen“ zu finden. Als Ansprechpartner steht Ihnen Herr Jonas Klein, M.Sc. gerne zur Verfügung.

1.4 EXKURSIONEN

1.4.1 PFINGSTEXKURSION DER TU DARMSTADT UND TU KAISERSLAUTERN

Auch in diesem Jahr fand wieder die Gemeinschaftsexkursion des Instituts für Massivbau der TU Darmstadt (Professor Graubner) und der Fachgebiete Stahlbau und Massivbau der TU Kaiserslautern (Professoren Kurz und Glock) statt. In der Woche nach Pfingsten, vom 22.05.2018 bis zum 25.05.2018, führte uns die diesjährige Exkursion in die benachbarten Niederlande. Neben vielen technischen und architektonischen Eindrücken kam auch das kulturelle Programm nicht zu kurz.

Am ersten Tag der Exkursion besuchte die Reisegruppe zunächst die Baustelle der Gateway Gardens in Frankfurt am Main. Hierbei handelt es sich um ein neues Gewerbegebiet, welches durch einen neuen S-Bahn-Tunnel erschlossen werden soll. Nach einem erkenntnisreichen Vormittag ging es weiter an die TU Eindhoven, an der wir spannende Vorträge zu Schadensfällen und 3D-Betondruckern hören und anschließend die Prüflabore und technischen Anlagen besichtigen durften. Anschließend ließ die Gruppe den Abend auf dem Delfter Beestenmarkt ausklingen.

An Tag 2 machte sich die Gruppe auf in Richtung Den Haag, wo das Tunnelbauprojekt Rotterdamsebaan besichtigt wurde. Die Herren Christoph Hennings und Kersten Dengler (Wayss&Freytag Ingenieurbau AG) erläuterten uns in ihren Vorträgen sowohl die technischen und infrastrukturellen Aspekte des Megaprojektes als auch die statisch-konstruktive Umsetzung. Im Anschluss besuchten wir in Rotterdam die Firma FiberCore. Nach einem interessanten Vortrag im Rotterdam Science Tower zu Aufbau und Eigenschaften faserverstärkter Kunststoffbauteile durften wir die Werkshallen besichtigen. Hier konnten die unterschiedlichen Produktionsschritte sowie fertiggestellte Produkte begutachtet werden. An Tag 3 war es uns möglich eine glasfaserverstärkte Klappbrücke der Firma FiberCore zu besichtigen.

Am dritten Tag startete die Gruppe nach Amsterdam. Zunächst gab es eine sehr interessant gestaltete Stadtführung. Im Anschluss hieran lud HOCHTIEF die Reisegruppe zu einem Imbiss im Campus-Café ein. Nach einer Stärkung wurde eine eindrucksvolle Präsentation über ihr vor kurzem abgeschlossenes Projekt SAAone gehalten. Zwei Ingenieurbauwerke konnten mit dem zuständigen Bauleiter gemeinsam mit dem Bus angefahren und besichtigt werden. Nach der Rückfahrt nach Delft ging es am Abend gemeinsam zum Abendessen ins Het Kon-

ingshuys. Nach einem entspannten Abendessen mit unserem Ehrengast Herrn Professor Walraven zog die Gruppe weiter und feierte gemeinsam bis in die frühen Morgenstunden.

Am letzten Tag ging es nach Hamm in das Fertigteilwerk der Firma Goldbeck. Nach einer Sicherheitseinweisung wurde die Gruppe durch das Werk geführt, welches sich aus vier Hallen und Lagerplätzen zusammensetzt. Nach der Führung wurde bei Brötchen und Kuchen das Unternehmen vorgestellt, bevor es die Reisegruppe wieder in die Heimat verschlug. Wir bedanken uns insbesondere beim Organisationskomitee sowie allen beteiligten Personen und Firmen, die uns nicht nur mit tollen Hintergrundinformationen, Vorträgen, Videos, Snacks und Getränken, sondern auch mit Führungen und Geschenken willkommen hießen!



Abbildung 1-4 Gruppenbild aller Teilnehmer auf der Baustelle Gateway Gardens

Redouan El Ghadioui

1.4.2 GEMEINSCHAFTSEXKURSION TGA UND SFM & SD

Am 15. Dezember 2017 fuhren 15 Studierende der Vorlesungen Technische Gebäudeausrüstung I und Strategisches Facility Management & Sustainable Design gemeinsam mit drei Mitarbeitern des Instituts für Massivbau und Herrn Dipl.-Ing. Thomas Heß, dem Lehrbeauftragten für die Vorlesungen Technische Gebäudeausrüstung I und II, nach Holzminden, Niedersachsen. Dort erwartete die Gruppe ein Programm rund um die Produktion und den praktischen Einsatz von Wärmepumpensystem zur Gebäudeversorgung.

Der Termin begann mit der Vorstellung des Unternehmens, dessen Produktportfolio sowie der Konzernstrategie die überwiegende Zahl der Produkte in Deutschland und Europa zu fertigen. Im Anschluss wurden in den im Energy Campus verfügbaren Technikräumen Systeme zur energieeffizienten Wärme-, Raumluft- und Warmwasserversorgung vorgestellt und deren Funktionsweisen erläutert. Die abschließende Führung durch die Produktionsstätten für Wärmepumpen und dezentrale Warmwassererzeuger gab den Studierenden die Möglichkeit hinter die Kulissen zu schauen und die Komplexität der Produktionsabläufe kennenzulernen.



Abbildung 1-5 Die Teilnehmer der Exkursion im Energy Campus der Fa. Viessmann in Holzminden

Im Namen der Teilnehmer möchte sich das Institut für Massivbau bei Herrn Engelmann und Herrn Riemenschneider (Fa. Stiebel Eltron) für die Organisation und Durchführung der Veranstaltung bedanken. Des Weiteren gilt unser Dank der Firma Stiebel Eltron und den Freunden des Instituts für Massivbau für die finanzielle Unterstützung der Veranstaltung.

André Müller

1.5 PERSONALIA



Seit dem 1. Januar 2018 ist **Frau Marleen Fischer, M.Sc.** als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Massivbau beschäftigt. Frau Fischer studierte Bauingenieurwesen mit den Vertiefungsfächern Facility Management, Bauphysik und Baukonstruktion sowie Geotechnik an der TU Darmstadt. Während ihrem Studium arbeitete sie als Studentische Hilfskraft am Institut und Versuchsanstalt für Geotechnik und am Institut KGBauko. Dort war sie u.a. als Zweitbetreuer der Lehrveranstaltung „Green Building II“ tätig. Im Rahmen ihrer Promotion am Institut für Massivbau wird Frau Fischer zunächst die Lehrveranstaltungen „Strategisches Facility Management und Sustainable Design“ und „Technische Gebäudeausrüstung II“ betreuen. Im weiteren Verlauf wird sie am Forschungsprojekt „E4Q“, welches ab Dezember 2018 in Kooperation mit dem Institut Wohnen und Umwelt bearbeitet wird, mitwirken. Seit August 2018 ist Frau Fischer assoziiertes Mitglied der Graduate School of Energy Science and Engineering der TU Darmstadt.



Seit dem 1. Januar 2018 ist **Herr Jonas Klein, M.Sc.** am Institut für Massivbau tätig. An der TU Darmstadt studierte Herr Klein Bauingenieurwesen mit der Vertiefungsrichtung Konstruktiver Ingenieurbau – Massivbau. Im Rahmen eines Auslandsaufenthaltes in Hanoi, Vietnam befasste er sich im Rahmen seiner Masterthesis „Research on the structural behaviour of reinforced concrete members strengthening with TRC“ mit der nachträglichen Verstärkung von Stahlbetonbauteilen durch Textilbeton. Nach Abschluss seines Studiums war Herr Klein als Projektingenieur bei der bauart Konstruktions GmbH in Darmstadt tätig. Zu seinen Tätigkeiten gehörte die Planung von Bauaufgaben im Bereich des konstruktiven Hochbaus sowie die Bewertung von Bestandstragwerken. Im Rahmen seiner Tätigkeit am Institut für Massivbau wird Herr Klein zunächst die Lehrveranstaltungen „Stahlbetonbau I/II“ sowie „Fertigteilkonstruktionen“ betreuen.



Seit dem 01. April 2018 ist **Herr Christian Herget, M.Sc.** am Institut für Massivbau als Doktorand tätig. Herr Herget studierte Bauingenieurswesen mit den Vertiefungsfächern Massivbau, Verkehr und Geotechnik an der Technischen Universität Darmstadt. Mit seiner Masterthesis über „Schwindarme Betone für Bauteile im Infrastrukturbereich“ setzte Herr Herget sich bereits mit der Thematik des Schwindens und der ökologischen Verbesserung des Massenbaustoffs Beton auseinander. Am Institut für Massivbau obliegt ihm ein Forschungsprojekt zum Thema Schwinden von klinkerarmen Betonen aus Zementen mit hohem Kalksteingehalt. Zemente sollen dabei durch eine verbesserte Betontechnologie und einen Ersatz des Hauptbestandteiles Zementklinker durch den Rohstoff Kalksteinmehl ökologischer und damit umweltfreundlicher gemacht werden. Neben seiner Forschungsaufgabe am Institut für Massivbau liegt bei Herrn Herget die Koordination für das Fortbildungsseminar „Weiterbildung für Tragwerksplaner“, welches jedes Jahr mit sechs Seminaren und wechselnden Themen zahlreiche Fortbildungsteilnehmer aus dem Bereich der Tragwerksplaner anzieht.



Seit dem 01. Oktober 2018 ist **Frau Dipl.-Ing. Martina Lohmeier** am Institut für Massivbau als externe Mitarbeiterin und Doktorandin tätig.

Im Rahmen ihrer Promotion am Institut für Massivbau wird Frau Lohmeier die Lehrveranstaltung „Strategisches Facility Management und Sustainable Design“ betreuen.

1.6 PREISE

1.6.1 PREISE DES FREUNDE-VEREINS

Der alljährliche Preis des Vereins der Freunde des Instituts für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt e.V. für die herausragende Dissertation am Institut für Massivbau im Jahre 2018 wurde an Frau **Dr.-Ing. Claudia Weißmann** verliehen. Sie promovierte zum Thema „*Effizienter Einsatz erneuerbarer Energieträger in vernetzten Wohnquartieren*“. Wir gratulieren Frau Dr.-Ing. Claudia Weißmann zu diesem Erfolg sehr herzlich!

Neben dem Preis für die herausragende Dissertation am Institut für Massivbau verleiht der Freunde-Verein auch einen Förderpreis an den Studierenden mit der besten Masterthesis am Institut für Massivbau, der von der Fa. GOLDBECK gestiftet wird. Der Preis wurde in diesem Jahr an Frau **Melanie Stöcker, M.Sc.** für ihre Thesis mit dem Titel „Untersuchungen zum Nachweis gegen Ermüdung vorgespannter Straßenbrücken im Bestand“ vergeben. Betreut wurde diese Arbeit von Herrn Redouan El Ghadioui, M.Sc. Wir gratulieren Frau Stöcker sehr herzlich!



Abbildung 1-6 Verleihung der Förderpreise des Freunde-Vereins auf dem Sommerfest 2018

1.6.2 DRESSLER BAU-PREIS

Der Dreßler Bau-Preis wurde am 14. November 2018 zum sechsten Mal für herausragende Bachelorarbeiten auf den Gebieten Massivbau und Baubetrieb verliehen. In diesem Jahr wurde der Preis auf zwei Studierende des Instituts für Massivbau aufgeteilt:

- **Preisträger/in:** **Frau Olivia Schneider, B.Sc.**
  Titel der Bachelorarbeit: Vergleich der Biege- und Querkrafttragfähigkeit textil- und stahlbewehrter Platten im Parkhausbau
  Betreuer: Frau Larissa Krieger, M.Sc.
  Herr Sebastian Hofmann, M.Sc.
- **Preisträger/in:** **Herr Marcel Kilian, B.Sc.**
  Titel der Bachelorarbeit: Vergleich unterschiedlicher Verfahren zur Ermittlung von Verformungen bewehrter Deckenplatten unter Dauerlast
  Betreuer: Herr Redouan El Ghadioui, M.Sc.

Wir gratulieren zu diesem Erfolg!



Abbildung 1-7 Olivia Schneider (Preisträgerin IfM), Tobias Mann (Geschäftsführer Dreßler Bau), Marcel Kilian (Preisträger IfM) und Anna-Lena Schmidt (Preisträgerin Institut für Baubetrieb); Foto: Gregor Rynkowski

1.6.3 IMMOBILIEN-FORSCHUNGSPREIS

Frau Dr.-Ing. Claudia Weißmann wurde für ihre Dissertation „*Effizienter Einsatz erneuerbarer Energieträger in vernetzten Wohnquartieren“* mit dem mit 2.500€ dotieren 2. Platz des Immobilien-Forschungspreises 2018 der Gesellschaft für Immobilienwirtschaftliche Forschung (gif) ausgezeichnet.

Der Immobilien-Forschungspreises wird seit 1995 vergeben und dient der Vernetzung von Wissenschaft und Forschung im Immobiliensektor.

Die nun ausgezeichnete Arbeit entstand während Frau Dr. Weißmanns Tätigkeit am Institut für Massivbau.

Wir gratulieren Frau Dr.-Ing. Claudia Weißmann zu dieser Auszeichnung und wünschen Ihr viel Erfolg für Ihre weitere berufliche Laufbahn!

1.6.4 IMPLENIA AWARD

Implenia fördert gemeinsam mit den Universitäten die Wissenschaften und somit auch die Studierenden. Aus diesem Grund wurde zwischen dem 15. und 16. November 2018 bei dem Projekt „Neue Messe Essen“ der Implenia Award verliehen. Engagierte Studentinnen und Studenten aus dem Fachbereich Bauingenieurwesen werden hierbei für ihre herausragenden Bachelorarbeiten prämiert.

In diesem Jahr erhielt **Frau Christina Dallinger, B.Sc.** mit ihrer Bachelorthesis „*Untersuchung praxisgerechter Ansätze zur Bewertung der Robustheit von Tragwerken*“ den Implenia Award in der Kategorie Hochbau. Die Bachelorthesis wurde von Herrn Dominik Müller, M.Sc. betreut.

Wir gratulieren sehr zu diesem Erfolg.

1.6.5 KURTH-RUTHS-PREIS

Dr.-Ing. Moien Rezvani wurde am 14. Februar 2018 mit dem Kurt-Ruths-Preis 2018 ausgezeichnet. Dr. Rezvani erhält den mit 20.000 € dotierten Preis für seine herausragende Dissertation „*Modellierung des Schwindverhaltens von Beton aus kalksteinreichen Zementen (engl. Shrinkage model for concrete made of limestone-rich cements)*“.

Der Kurt-Ruths-Preis wird von den Familien Dr. Harald Ruths und Andrea Ruths-Tillian für herausragende wissenschaftliche Arbeiten der Fachbereiche Architektur, Bau- und Umweltingenieurwissenschaften und Chemie an der Technischen Universität Darmstadt gestiftet.



Abbildung 1-8 Gemeinsames Gruppenbild: Preisträger Dr.-Ing. Moien Rezvani, Stifterin Andrea Ruths-Tillian, TU-Präsident Professor Hans Jürgen Prömel und Stifter Senator E.h. Dr. Harald Ruths (Foto: Gregor Rynkowski)

Wir gratulieren sehr herzlich zu diesem überragenden Erfolg und freuen uns, dass Herr Dr.-Ing. Moien Rezvani im Rahmen einer Postdoktorandenstelle dem Institut für Massivbau erhalten bleibt.

1.7 DANKSAGUNGEN

Ohne die Unterstützung der folgenden Organisationen wären wir im vergangenen Jahr nicht in der Lage gewesen, unsere Arbeit in der Forschung und in der Lehre in gewohntem Umfang sowie gewünschter Qualität durchzuführen:

Apleona HSG GmbH
Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V.
BASF AG
bauart Konstruktions GmbH & Co. KG
Beton Kemmler GmbH
Birco GmbH
BT3 Betontechnik GmbH
Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBSR)
Bundesanstalt für Straßenwesen
Bundesministerium für Bildung und Forschung
Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat**B**undesverband der Deutschen Ziegelindustrie
Bundesverband der Kalksandsteinindustrie e.V.
Bundesverband Porenbetonindustrie e.V.
Bundesverband Deutsche Beton- und Fertigteilindustrie e.V.
Bundesverband Leichtbetonzuschlagindustrie e.V.
Deutsche Basalt Faser GmbH
Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU)
Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Deutsche Gesellschaft für Mauerwerks- und Wohnungsbau e.V. (DGfM)
Deutsche Poroton GmbH
Deutscher Ausschuss für Stahlbeton
Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V.
Deutsches Institut für Bautechnik
Dreßler Bau GmbH
Dyckerhoff AG
Empa Dübendorf
Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau e. V.
Forschungsinstitut der Zementindustrie (FiZ)
Forschungsvereinigung Kalk-Sand e.V.
Freunde des Instituts für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt e.V.
Freunde der Technischen Universität Darmstadt
FTA Forschungsgesellschaft für Textiltechnik Albstadt mbH
Goldbeck GmbH
Güteschutzverband Betonschalungen e. V.
H-BAU Technik GmbH
Halfen GmbH & Co. KG
HeidelbergCement AG
Hilti Deutschland AG, Hochtief AG
HSE Technik GmbH
Implenia
InformationsZentrum Beton GmbH
Ingenieurbüro Krebs und Kiefer
Ingenieurconsult Cornelius Schwarz Zeitler GmbH

Institut Wohnen und Umwelt
Klimaleichtblock GmbH
König und Heunisch Planungsgesellschaft mbH & Co KG
LCEE Life Cycle Engineering Experts GmbH
Liapor GmbH & Co.
LohrElement GmbH
mako GmbH & Co. KG Schalungstechnik**M**APEI Betontechnik GmbH
Max Bögl Bauunternehmen GmbH
MEVA Schalungssysteme GmbH
OPTERRA Karsdorf GmbH
pakon AG, PreConTech e.K.
Ruffert & Partner
Schlagmann Poroton GmbH & Co. KG
Schöck Bauteile GmbH
sh minerals GmbH
solidian GmbH
Spenner Zement GmbH & Co. KG
Strabag AG
Syspro-Gruppe Betonbauteile e. V.
thyssenkrupp Carbon Components GmbH
VdS Schadenverhütung GmbH
V.FRAAS solutions in textile GmbH
Verein Deutscher Zementwerke
Waibel KG
Wienerberger AG
Xella Technologie und Forschungsgesellschaft mbH

Wir wollen uns für diese Unterstützung herzlich bedanken und hoffen auch für die Zukunft auf eine erfolgreiche Zusammenarbeit.

Im Bereich der Lehre ist eine Unterstützung durch Experten und in der Praxis stehende Fachleute aus Ingenieurbüros, Verwaltung, Verbänden und Industrie unerlässlich und hoch geschätzt. Für ihr persönliches Engagement als Lehrbeauftragte unseres Instituts möchten wir uns daher bei folgenden Personen bedanken:

Dr.-Ing. Herbert Duda	Angewandte Baudynamik
Dipl.-Ing. Thomas Heß	Technische Gebäudeausrüstung I + II
Dr.-Ing. Gert Riegel	Strategisches Facility Management & Sustainable Design
Dr.-Ing. Georg Geldmacher	Massivbrückenbau und Traggerüste

Außerdem möchten wir uns auch bei allen bedanken, die im Rahmen der Lehre ehrenamtlich mitgewirkt und Vorträge gehalten haben.

Angewandte Baudynamik
Dr.-Ing. Markus Spengler

Fertigteilkonstruktionen
Dipl.-Ing. Mathias Tillmann
Dr.-Ing. Christoph Schmidhuber
Dipl.-Ing. Heinz Eberherr
Dipl.-Ing. Tanja Skottke
Dipl.-Ing. Ralf Niehüser
Dipl.-Ing. Erwin Scholz
Dr.-Ing. Diethelm Bosold
Dipl.-Ing. Werner Hochrein
Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Elisabeth Hierlein
Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Mike Richter
Dipl.-Wirt.-Ing. (FH) Peter Schermuly
Dr.-Ing. Matthias Molter
Dipl.-Ing. Jürgen Glaesle

Massivbrückenbau und Traggerüste
Dr.-Ing. Gerhard Zehetmaier
Dr.-Ing. Stefan Kempf

Mauerwerksbau und Sonderfragen aus dem Betonbau
Dipl.-Ing. (FH) Oliver Keil
Dipl.-Ing. (FH) Michael Pröll
Dipl.-Ing. Georg Flassenberg

Spannbetonbau
Dr.-Ing. Stefan Daus

Strategisches Facility Management & Sustainable Design
Thilo Kälberer
Dr.-Ing. Torsten Mielecke
Dr.-Ing. Sebastian Pohl

Technische Gebäudeausrüstung
Dipl.-Ing. Herbert Schäfer
Prof. Dr.-Ing. Benjamin von Wolf-Zdekauer
Dipl.-Ing. Olaf Pielke
Dipl.-Ing. Frank Bieber
Dipl.-Ing. Robin Engelmann
Dipl.-Ing. Patrik Bös
Dr.-Ing. Leif Pallmer

1.8 VERÖFFENTLICHUNGEN

Ausgewählte Fachartikel und Buchbeiträge:

Müller, D.; Graubner, C.-A.: Uncertainties in the assessment of existing masonry structures, In: Sixth International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering (IALCCE 2018), 28.-31. Oktober 2018, Taylor & Francis, London, S. 369-376, ISBN: 978-1-138-62633-1.

Graubner, C.-A.; Mazur, R.; Purkert, B.: Bemessung von Ziegelmauerwerk - Effizient auch im Brandfall, In: Bauplaner - Supplement im Deutschen IngenieurBlatt, 2018, Schiele & Schön, Berlin, S. 14-15.

Rezvani, M.; Proske, T.; Herget, C.; Graubner, C.-A.: Schwindverhalten von Beton aus kalksteinreichen Zementen, In: Beton- und Stahlbetonbau, Heft 113, 2018, Ernst & Sohn Verlag, S. 1-11, DOI: DOI: 10.1002/best.201800065.

Tran, N.; Graubner, C.-A.: Uncertainties of concrete parameters in shear capacity calculation of RC members without shear reinfor, In: In: Strauss, A. et al. (Eds.) Extended Abstracts of the 16th International Probabilistic Workshop 2018 (IPW 2018) in Vienna 12 - 14 September 2018, Beton- und Stahlbetonbau 113, Issue S2: 16th International Probabilistic Workshop, September 2018, Ernst & Sohn Verlag, DOI: https://doi.org/10.1002/best.201800059.

Tran, N.; Graubner, C.-A.: Influence of material spatial variability on the shear strength of concrete members without stirrups, In: In: Strauss, A. et al. (Eds.) Extended Abstracts of the 16th International Probabilistic Workshop 2018 (IPW 2018) in Vienna 12 - 14 September 2018, Beton- und Stahlbetonbau 113, Issue S2: 16th International Probabilistic Workshop, September 2018, Ernst & Sohn Verlag, DOI: https://doi.org/10.1002/best.201800059.

Baldermann, A.; Rezvani, M.; Proske, T.; et al.: Effect of very high limestone content and quality on the sulfate resistance of blended cements, In: Construction and Building Materials, Vol. 188, 2018, Elsevier, Amsterdam, S. 1065-1076, ISBN: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.08.169.

Rezvani, M.; Proske, T.; Herget, C.; Graubner, C.-A.: Drying shrinkage behaviour of cement paste and concrete made with eco-friendly limestone-rich cements, In: Proceedings of the 20. Internationale Baustofftagung (ibausil), 12.-14. September 2018, Weimar, S. 561-568, ISBN: ISBN 978-3-00-059950-7.

El Ghadioui, R.; Proske, T.; Graubner, C.-A.: Load-bearing capacity and deformation behaviour of carbon-textile reinforced concrete members, In: Proceedings of the 12th fib International PhD Symposium in Civil Engineering, 29.-31. August 2018, Prag (Tschechien), S. 363-370, ISBN: 978-80-01-06401-6.

Hofmann, S.; Graubner, C.-A.; Proske, T.: Load-bearing performance of concrete beams with basalt fibre reinforced polymer (BFRP) rebars, In: Proceedings of the 12th fib International PhD Symposium in Civil Engineering, 29.-31. August 2018, Prag (Tschechien), S. 419-426, ISBN: 978-80-01-06401-6.

Graubner, C.-A.; Schmitt, M.: Nichttragende Wände, In: Kalksandstein: Planungshandbuch. Planung, Konstruktion, Ausführung (PKA) – 7. Auflage, 2018, Bau+Technik GmbH, Hannover.

Graubner, C.-A.; Schmitt, M.: Bemessung, In: Kalksandstein: Planungshandbuch. Planung, Konstruktion, Ausführung (PKA) – 7. Auflage, 2018, Bau+Technik GmbH, Hannover.

Palm, S.; Müller, C.; Proske, T.; Rezvani, M.; Graubner, C.-A.: Concrete application of clinker-efficient cements, In: Advances in Cement Research, Vol. 30, Issue 8, 2018, ice Publishing, S. 1-24, DOI: https://doi.org/10.1680/jadcr.17.00217.

Mazur, R.; Graubner, C.-A.: Out-of-plane bending moments in masonry walls – Analysis of different calculation methods, In: Mauerwerk, Vol. 22, Issue 3, 2018, Ernst & Sohn Verlag, Berlin, S. 139-150, DOI: 10.1002/dama.201800006.

Wörner, P.; Müller, A.; Fischer, M.; Graubner, C.-A.: Gut gemeint - auch gut gemacht? Die Nachhaltigkeit der deutschen Energiewende auf dem Prüfstand, In: Energiewirtschaftliche Tagesfragen, Band 68, Heft 6, 2018, S. 40-44.

Steiner, S.; Lothenbach, B.; Borgschulte, A.; Proske, T.; Winnefeld, F.: Effect of relative humidity on the carbonation rate of portlandite, calcium silicate hydrates and ettringite, In: Proceedings of the 20. Internationale Baustofftagung (ibausil), 2018, Weimar, S. 2-963-2-968.

Proske, T.; Steiner, S.; Graubner, C.-A.: Diffusion of CO2 and water vapor in clinker-reduced concretes, In: Proceedings of the 20. Internationale Baustofftagung (ibausil), 2018, Weimar, S. 2-145-2-152.

Proske, T.; Rezvani, M.: Shear Behavior of Fresh Concrete under variable Pressure – Development of a specific Testing Device, In: Proceedings of International RILEM Workshop on Rheological Measurements of Cement-Based Materials (IRWRMC), 2018.

Müller, D.; Tran, N.; Graubner, C.-A.: Stochastische Simulation der Nutzlasten in Gebäuden, In: Vielfalt im Massivbau - Festschrift zum 65. Geburtstag von Prof. Dr.-Ing. Jürgen Schnell, 2018, Ernst & Sohn, S. 91-107, ISBN: 978-3-00-058653-8.

Proske, T.; Rezvani, M.; Palm, S.; Müller, C.; Graubner, C.-A.: Concretes made of efficient multi-composite cements with slag and limestone, In: Cement and Concrete Composites, Vol. 89, 2018, Elsevier, Amsterdam, S. 107-119, DOI: https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2018.02.012.

Rezvani, M.; Graubner, C.-A.; Proske, T.: Klinker raus, Kalksteinmehl rein! Vorhersage des Schwindverhaltens von Beton aus kalksteinhaltigen Ökozementen, In: Vorfertigung - Zukunft des Bauens, Kongressunterlagen 62. Betontage, 20-22. 2. 2018, Neu-Ulm.

Förster, V.; Graubner, C.-A.: Tragfähigkeit unbewehrter Betondruckglieder bei zweiachsig exzentrischer Beanspruchung, In: Beton- und Stahlbetonbau, Heft 2, 2018, Ernst & Sohn, Berlin, S. 136-146, DOI: 10.1002/best.201700083.

Ausgewählte Fachvorträge:

Rezvani, M.; Proske, T.; Herget, C.; Graubner, C.-A.: Ökobeton – Ein umweltfreundlicher und leistungsfähiger Baustoff? Farbe und Lack Konferenz, Kassel, 28.11.2018.

Wörner, P.; Graubner, C.-A.; Müller, A.; Fischer, M.; Weißmann, C.: Gut gemeint – auch gut gemacht? Gedanken zur Nachhaltigkeit der deutschen Energiewende, Hauptversammlung des Instituts für Stahlbetonbewehrung e.V., Düsseldorf, 18.10.2018.

Müller, D.; Graubner, C.-A.: Uncertainties in the assessment of existing masonry structures, Sixth International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering (IALCCE 2018), Gent, 29.10.2018.

Steiner, S.; Proske, T.; Graubner, C.-A.: Diffusionsverhalten von CO2 und Wasserdampf in klinkerreduzierten Betonen, 20. Internationale Baustofftagung (ibausil), Bauhaus-Universität Weimar, Weimar, 13.09.2018.

Rezvani, M.; Proske, T.; Herget C.; Graubner, C.-A.: Drying shrinkage behaviour of cement paste and concrete made with eco-friendly limestone-rich cements, 20. Internationale Baustofftagung (ibausil), Bauhaus-Universität Weimar, Weimar, 13.09.2018.

Hofmann, S.: Load-bearing performance of concrete beams with basalt fibre reinforced polymer (BFRP) rebars, 12th fib International PhD Symposium, Prag (Tschechien), 29.-31.08.2018

El Ghadioui, R.: Load-bearing capacity and deformation behaviour of carbon-textile reinforced concrete members, 12th fib International PhD Symposium, Prag (Tschechien), 29.-31.08.2018

Rezvani, M.; Proske, T.; Herget, C.; Graubner, C.-A.: Ökobeton – Ein umweltfreundlicher und leistungsfähiger Baustoff? VDB Regionaltagung, Wiesbaden, 26.06.2018.

Graubner, C.-A.; Mazur, R.: Mauerwerk - Einfach und Effizient, 12. Akademischer Mauerwerkstag, Mainz, 21.06.2018

Rezvani, M.; Herget, C.: Ökobeton, "17:30 SAT.1 LIVE“, Regionalmagazin für Hessen und Rheinland-Pfalz , SAT1 Fernsehsender, 23.03.2018. Hier anschauen

Graubner, C.-A.; El Ghadioui, R.: Carbonbeton - Ein Werkstoff der Zukunft?, Darmstädter Betonfertigteiltage 2018, Darmstadt, 08.03.2018

Rezvani, M.; Graubner, C.-A..; Proske, T.: Klinker raus, Kalksteinmehl rein! Vorhersage des Schwindverhaltens von Beton aus kalksteinhaltigen Ökozementen, 62. Betontage, Neu-Ulm, 21.02.2018.

Graubner, C.-A.; Wörner, P.; Müller, A.; Fischer, M.; Weißmann, C.: Gut gemeint - auch gut gemacht? Gedanken zur Nachhaltigkeit der deutschen Energiewende, Eröffnungsvortrag der 62. BetonTage, Neu-Ulm, 20.02.2018.

1.9 STUDENTISCHE ABSCHLUSSARBEITEN AM INSTITUT FÜR MASSIVBAU

Im vergangenen Jahr wurden folgende Abschlussarbeiten am Institut für Massivbau angefertigt:

Bearbeiter/in	**Titel der Abschlussarbeit**	**Betreuer/in**	**Art der Arbeit**
Almeroth, Christian	Analyse eines alternativen Ansatzes zur kombinierten Bemessung für Biege- und Torsionslängskräfte	Redouan El Ghadioui	Bachelorthesis
Arndt, Vanessa	Carbonfaserverstärkte Kunststoffbewehrung – Vergleich der Bemessungsansätze internationaler Regelwerke	Redouan El Ghadioui	Bachelorthesis
Arnoldi, Susanne Daniela	Anwendung und Weiterentwicklung des Zertifizierungssystems Eco Protocol für Bestandsgebäude in Panamá	Marleen Fischer, Patrick Wörner	Masterthesis
Beck, Vanessa	Ertüchtigung von Stahlbetonbauteilen mit Öffnungen	Sebastian Hofmann	Masterthesis
Bensch, Milena	Konzeption, Durchführung und Auswertung von Zugfestigkeitsprüfungen faserverstärkter Kunststoffbewehrung	Redouan El Ghadioui	Bachelorthesis
Bieger, Max	Nachrechnung von schiefwinkligen Eisenbahnbrücken im Bestand mit Vollplattenquerschnitt	Redouan El Ghadioui	Masterthesis
Bueno Sánchez, Rebeca	Analyse eines Zertifizierungssystems für bestehende Bürogebäude in Panama und Entwicklung eines praxisorientierten Leitfadens für die Kategorien Energie und Wasser	Patrick Wörner	Masterthesis
Cepo, Daniel	Toleranzen im Hochbau – Untersuchungen zu normativen Regelungen zulässiger Abweichungen	Redouan El Ghadioui	Bachelorthesis
Dallinger, Christina	Untersuchung praxisgerechter Ansätze zur Bewertung der Robustheit von Tragwerken	Dominik Müller	Bachelorthesis
Dehnbostel, Jonas	Vergleich verschiedener Möglichkeiten zur Berücksichtigung der Wandsteifigkeit bei der Schnittgrößenermittlung im Mauerwerksbau	René Mazur	Bachelorthesis
Dingeldein, Lukas	Schubtragfähigkeit von Wand-Decken-Anschlüssen mit thermischer Entkopplung	Jochen Zeier, Sebastian Hofmann	Masterthesis
Duruöz, Nazif	Einfluss von Bewehrung auf die Haftscherfestigkeit in der Lagerfuge bei bewehrtem Mauerwerk	Benjamin Purkert	Masterthesis
Eckel, Maike	Experimentelle Untersuchung der Schubtragfähigkeit von Wand-Decken-Anschlüssen mit thermischer Entkopplung	Sebastian Hofmann	Masterthesis
Farid, Opjani	Tragfähigkeit von Mauerwerkswänden bei teilaufliegender Decke – Bemessungsansätze im Vergleich	Benjamin Purkert	Bachelorthesis
Fischer, Simon	Vergleichende Untersuchungen zur Verstärkung von Spannbeton-Brücken im Bestand	Redouan El Ghadioui	Masterthesis
Fleckhammer, Jan	Entwicklung eines geeigneten Stabwerkmodells zur Ermittlung der Traglast von Außenwänden aus Mauerwerk	René Mazur	Masterthesis
Fritzsche, Max	Mitwirkende Breite bei einachsig gespannten Platten mit elastischer Auflagerung	Jochen Zeier	Masterthesis

Bearbeiter/in	**Titel der Abschlussarbeit**	**Betreuer/in**	**Art der Arbeit**
Gaul, Alexander	Entwicklung eines aktualisierten Ansatzes zur Bewertung der gebäudebezogenen Lebenszykluskosten für Büro- und Verwaltungsgebäude	Sarah Steiner	Masterthesis
Gliemroth-Brübach, Lisa	Diskussion von Erdhäusern nach dem Cradle-to-Cradle-Prinzip und ökologische Bewertung möglicher Gebäudehüllenkonzepte	Marleen Fischer	Bachelorthesis
Grimm, Niklas Nils	Analyse und Optimierung der Betriebsweise des Wärme- und Kältekonzepts des Klinikums Darmstadt	Patrick Wörner	Masterthesis
Grün, Stefan	Reliability analyses of unreinforced masonry basement walls under lateral earth pressure	Dominik Müller	Masterthesis
Haus, Michael Matthias	Entwicklung und Validierung von nutzerabhängigen Stromlastprofilen für ausgewählte repräsentative Haushalte in Deutschland	Patrick Wörner	Bachelorthesis
Herget, Christian	Schwindarme Betone für Bauteile im Infrastrukturbereich	Moien Rezvani, Sarah Steiner	Masterthesis
Hiesch, Dominik	Carbonbewehrte Betonbauteile unter statischer Dauerbeanspruchung – Experimentelle und theoretische Untersuchungen	Redouan El Ghadioui	Masterthesis
Hohl, Florian	Schnittgrößenverteilung und Verformung am Außenwand-Decken-Knoten im obersten Geschoss eines Mauerwerksgebäudes	Benjamin Purkert	Masterthesis
Hutterer, Dennis	Erstellung eines Gebäudehüllen- Konzepts für Erdhäuser nach Cradle-to-Cradle-Prinzipien und Evaluierung deren ökologischen Potentiale	Marleen Fischer	Bachelorthesis
Kara, Hakan	Vergleich von Strategien zur Erhöhung der Robustheit von Tragwerken	Dominik Müller	Bachelorthesis
Keppler, Juliane	Analyse der Materialkennwerte zur Beschreibung des Dauerstands- und Ermüdungsverhaltens carbonbewehrter Deckenplatten unter einaxialer Druckbeanspruchung	Redouan El Ghadioui	Bachelorthesis
Kilian, Marcel	Vergleich unterschiedlicher Verfahren zur Ermittlung von Verformungen bewehrter Deckenplatten unter Dauerlast	Redouan El Ghadioui	Bachelorthesis
Kiziltoprak, Medet	Softwaregestützte Untersuchung zum Tragverhalten textilbewehrter Flachstürze in Verbindung mit aufgeklebten Hochlochziegeln	René Mazur	Masterthesis
Klein, Adrian	Windbeanspruchte Außenwände aus Mauerwerk mit geringer vertikaler Auflast – Bemessungsansätze im Vergleich	Benjamin Purkert	Bachelorthesis
Kleinhenz, Christin	Bemessung und Konstruktion von wasserundurchlässigen Betonbauteilen	Sebastian Hofmann	Masterthesis
Knau, Julia	Sicherheitsformate für die Mauerwerksbemessung – Vergleich internationaler Regelwerke	Dominik Müller	Bachelorthesis
Koert, Johannes	Analyse des deutschen Strommarkts und Entwicklung einer zeitvariablen Tarifstruktur für den Haushaltsstrompreis unter Berücksichtigung wetterbedingter Einflussfaktoren	Patrick Wörner, André Müller	Studienarbeit (i.R.d. Interdisziplinären Projekts)

Bearbeiter/in	**Titel der Abschlussarbeit**	**Betreuer/in**	**Art der Arbeit**
Kühnl, Vivian	Experimentelle Untersuchungen zum Trag- und Verformungsverhalten carbonbewehrter Betonbauteile unter Kurzzeitbeanspruchung	Redouan El Ghadioui	Masterthesis
Liang, Pupu	Strategische Chancen und Risiken von Wärmepumpentechnologien hinsichtlich der Treibhausgasemissionen über den Lebenszyklus	André Müller	Masterthesis
Metzger, Simon	Untersuchung der dynamischen Tragwerksreaktionen carbonbewehrter Fußgängerbrücken	Redouan El Ghadioui	Masterthesis
Möllers, Reinhild	Analyse von Energiewandlungs- technologien im Wärmesektor und deren systematische Einbindung im zukünftigen deutschen Energiesystem	André Müller	Masterthesis
Müller, Linda-Fee	Analyse des deutschen Strommarkts und Entwicklung einer zeitvariablen Tarifstruktur für den Haushaltsstrompreis unter Berücksichtigung wetterbedingter Einflussfaktoren	Patrick Wörner, André Müller	Studienarbeit (i.R.d. Interdisziplinären Projekts)
Müller, Sina	Experimentelle und theoretische Untersuchungen zum Verbundverhalten unterschiedlicher Bewehrungselemente	Redouan El Ghadioui	Masterthesis
Nader, Henrik	Experimentelle Untersuchung zum Trag- und Verbundverhalten von textilbewehrten Bauteilen	Sebastian Hofmann	Masterthesis
Prediger, Bastian	Untersuchungen zum Tragverhalten eines textilbewehrten Flachsturzes in Verbindung mit aufgeklebten Mauerziegeln	René Mazur	Masterthesis
Preuschoff, Karen	Experimentelle Untersuchung zum Querkrafttragverhalten von basaltbewehrten Bauteilen	Sebastian Hofmann	Masterthesis
Rehn, Johannes	Analyse des deutschen Strommarkts und Entwicklung einer zeitvariablen Tarifstruktur für den Haushaltsstrompreis unter Berücksichtigung wetterbedingter Einflussfaktoren	Patrick Wörner, André Müller	Studienarbeit (i.R.d. Interdisziplinären Projekts)
Rothermel, Swenja	Versuchsgestützte Untersuchungen zur Querkrafttragfähigkeit carbonbewehrter Betonbauteile unter Kurzzeitbeanspruchung	Redouan El Ghadioui	Masterthesis
Rudeloff, Kevin	Untersuchung von vorgespannten Eisenbahnbrücken im Bestand hinsichtlich der Spannungsrisskorrosionsgefährdung	Redouan El Ghadioui	Masterthesis
Schneider, Marvin	Einfluss der Normalkraft auf das Tragverhalten am Außenwand-Decken-Knoten bei teilaufliegender Decke	Benjamin Purkert	Masterthesis
Schäpe, Patrick	Tragverhalten bewehrter Mauerwerkswände unter Scheibenbeanspruchung	Benjamin Purkert	Masterthesis
Stöcker, Melanie	Untersuchungen zum Nachweis gegen Ermüdung vorgespannter Straßenbrücken im Bestand	Redouan El Ghadioui	Masterthesis
Valipoor, Soheil	Tragfähigkeit von normalkraftbeanspruchtem Mauerwerk mit T-förmigem Querschnitt	Benjamin Purkert	Masterthesis
Vogler, Julian	Vergleich verschiedener Möglichkeiten zur Bemessung nichttragender Mauerwerkswände	René Mazur	Bachelorthesis

Bearbeiter/in	**Titel der Abschlussarbeit**	**Betreuer/in**	**Art der Arbeit**
Volz, Lisann	Schnittgrößenermittlung im Mauerwerksbau bei teilaufliegender Decke – Berechnungsansätze im Vergleich	Benjamin Purkert	Bachelorthesis
von Goertzke, Vincent	Einfluss der Permeabilität textiler Schalungen auf die Sichtbetonqualität und die Dauerhaftigkeit von Betonbauteilen	Moien Rezvani Tilo Proske	Masterthesis
Wiese, Kai	Einfluss der Nachbehandlung auf das Gefüge und das CO2-Diffusionsverhalten von Feinbeton	Sarah Steiner	Masterthesis

2 DARMSTADT CONCRETE 2018: FACHARTIKEL

2.1 FORSCHUNGSGEBIETE AM INSTITUT FÜR MASSIVBAU

Die Arbeitsziele in der Forschung sind von dem gemeinsamen Gedanken geprägt unsere Bauwerke sicherer, dauerhafter, wirtschaftlicher und umweltverträglicher zu errichten. Daher werden am Institut für Massivbau innerhalb von sechs Forschungsgebieten unterschiedlichste Themenstellungen bearbeitet.



Abbildung 2-1 Forschungsgebiete am Institut für Massivbau der TU Darmstadt

Die nachfolgenden wissenschaftlichen Fachartikel werden in die folgenden Kategorien eingeteilt:

- Konstruktion und Entwurf
  Bemessung und Konstruktion, Mauerwerksbau, Risiko und Sicherheit
- Mineralische und ökologische Baustoffe
- Energie und Nachhaltigkeit
  Energieforschung, Nachhaltigkeit im Bauwesen

Die in den Fachartikeln befindlichen Abbildungen werden in jedem Artikel neu nummeriert.

2.2 FORSCHUNGSFELD: KONSTRUKTION UND ENTWURF

Forschungsgebiet: Bemessung und Konstruktion

Das Forschungsgebiet „Bemessung und Konstruktion von Betontragwerken“ nimmt am Institut für Massivbau eine zentrale Rolle ein. Es beinhaltet sämtliche Fragestellungen, welche sich mit dem Planen und Entwerfen von Bauwerken des allgemeinen Hochbaus sowie des konstruktiven Ingenieurbaus beschäftigen. Im Mittelpunkt stehen dabei Innovationen in Bemessung und konstruktiver Durchbildung von Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen, welche die hohen Anforderungen moderner Bauwerke erfüllen.

Forschungsgebiet: Mauerwerksbau

Erhöhte Ansprüche an moderne Gebäude hinsichtlich Wirtschaftlichkeit und Komfort sowie die große wirtschaftliche Bedeutung des Traditionsbaustoffes Mauerwerk erfordern für diese Bauweise nachhaltige Innovationen. Gesteigerte Anforderungen bezüglich des Wärme-, Schall- und Brandschutzes, der Zwang zur Rationalisierung und verbesserte Materialeigenschaften führen zu optimierten Mauerwerkskonstruktionen, die an die praxisorientierte Forschung am Fachgebiet verschiedenste Aufgaben stellen. In diesem Zusammenhang werden neue Produkte wissenschaftlich begleitet, um in der Mauerwerksnormung Berücksichtigung zu finden. Zusätzlich werden verbesserte Bemessungsverfahren entwickelt, die das Potential des Mauerwerks optimal ausnutzen und somit seine Wirtschaftlichkeit erhöhen.

Forschungsgebiet: Risiko und Sicherheit

Sicherheit und Zuverlässigkeit gehören zu den wichtigsten Eigenschaften von baulichen Anlagen und technischen Systemen. Der Begriff der Sicherheit fordert in diesem Zusammenhang die Abwesenheit von Gefährdungen für Leib und Leben von Menschen, die im direkten Umfeld der baulichen Anlagen oder technischen Systeme stehen.

Das Fachgebiet Massivbau betreibt seit mehreren Jahren intensive Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Sicherheit und Zuverlässigkeit baulicher Anlagen. Die durchzuführenden Forschungsprojekte behandeln dabei die Modellierung von Einwirkungen und Widerständen, die Kalibrierung von Sicherheits- und Kombinationsbeiwerten sowie die Berücksichtigung außergewöhnlicher Einwirkungen im konstruktiven Ingenieurbau.

MONTE-CARLO-SIMULATION UNBEWEHRTER MAUERWERKS-WÄNDE UNTER BERÜCKSICHTIGUNG RÄUMLICH STREUENDER MATERIALEIGENSCHAFTEN

Lukas Bujotzek, Dominik Müller

Die Forschung am Institut für Massivbau beschäftigt sich aktuell unter anderem mit dem Einfluss räumlich streuender Materialeigenschaften auf die Tragfähigkeit unbewehrter Mauerwerkswände. Im Rahmen einer kürzlich fertiggestellten Masterthesis wurden hierzu Mauerwerkswände unter Verwendung der Software DIANA FEA modelliert und Monte-Carlo-Simulationen mit Hilfe eines dafür entwickelten Tools durchgeführt, vgl. (1).

Abbildung 1 zeigt ein beispielhaftes Ergebnis der Untersuchungen. Die Traglast von Wänden mit unterschiedlicher Schlankheit λ wurde unter Ansatz eines Variationskoeffizienten von 25 % für den Elastizitätsmodul und 20 % für die Mauerwerksdruckfestigkeit stochastisch simuliert. Die Simulation wurde sowohl mit einer räumlichen Streuung der Materialeigenschaften von Stein zu Stein, also einer Streuung der Materialeigenschaften innerhalb einer Wand, als auch ohne räumliche Streuung, d. h. mit gleichen zufälligen Materialeigenschaften an jeder Stelle der Wand, durchgeführt. Aus je 100 Simulationsläufen wurden anschließend sowohl die Mittelwerte der Berechnungsergebnisse als auch die Bemessungswerte ermittelt, welche sich gemäß EN 1990 etwa als 0,1 %-Quantil der Traglast ergeben und unter Verwendung einer Log-Normalverteilung mit dem Mittelwert und der Standardabweichung der Stichprobe berechnet wurden. Für Wände geringer Schlankheit, die infolge eines Spannungsproblems versagen, ergibt sich bei Ansatz räumlicher Streuung ein kleinerer Mittelwert der Tragfähigkeit. Dies kann damit erklärt werden, dass die Traglast der Wand in diesem Fall von der schwächsten Lage determiniert wird. Bemerkenswert ist, dass trotz des geringeren Mittelwertes eine Steigerung des Bemessungswertes beobachtet werden kann. Ausschlaggebend hierfür ist der deutliche Rückgang der Streuung der Traglast, welcher durch eine Lastumverteilung infolge unterschiedlicher Festigkeiten innerhalb der Wand ermöglicht wird. Bei Wänden höherer Schlankheit, die infolge eines Stabilitätsproblems versagen, verursacht der Ansatz räumlicher Streuung keinen Abfall des Mittelwertes der Tragfähigkeit, da die Traglast von einer gemittelten Steifigkeit der Wand und nicht mehr von der schwächsten Lage abhän-

gig ist. Der positive Effekt der räumlichen Streuung ist bei schlanken Wänden demzufolge deutlich ausgeprägter als für gedrungene Wände.

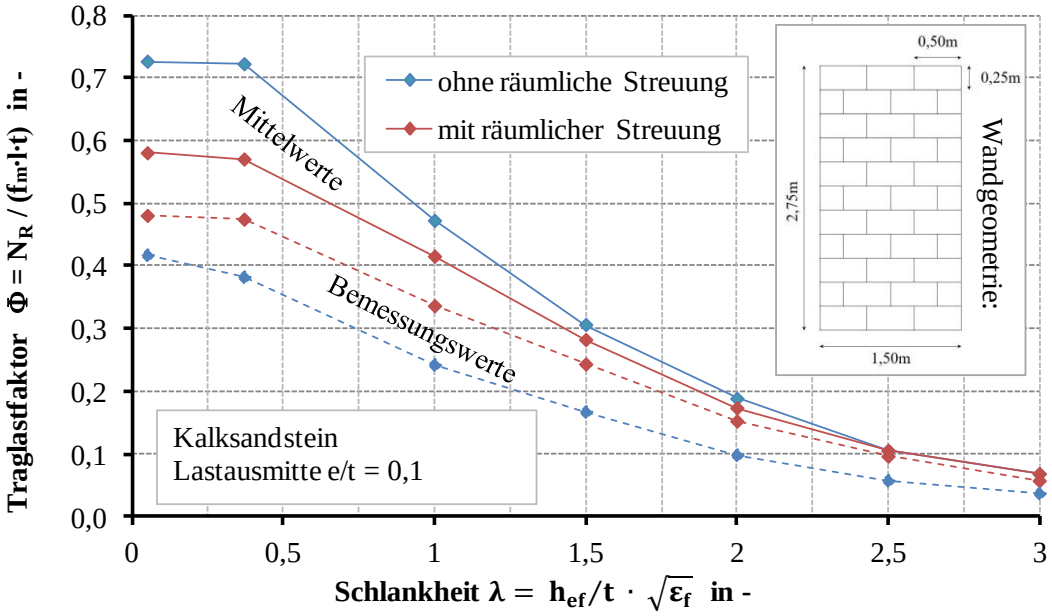


Abbildung 1: Einfluss der räumlichen Streuung in Abhängigkeit der Wandschlankheit

Auch bei der Untersuchung anderer Randbedingungen ist überwiegend ein positiver Effekt bei Berücksichtigung der räumlichen Streuung von Materialeigenschaften zu erkennen. Eine der wenigen Ausnahmen stellen sehr kurze Wände (Mauerwerkspfeiler) dar. Im kommenden Jahr werden am Institut für Massivbau weitergehende Untersuchungen zur Erforschung dieses Phänomens stattfinden. Ein besonderes Augenmerk soll dabei auf Bestandsmauerwerk liegen, da hier die räumliche Streuung der Materialeigenschaften besonders stark ausgeprägt ist.

(1) Bujotzek, Lukas (2018): Monte-Carlo-Simulation unbewehrter Mauerwerkswände unter Berücksichtigung räumlich streuender Materialeigenschaften. Masterthesis am Institut für Massivbau, Technische Universität Darmstadt.

UNTERSUCHUNGEN ZUM RISSABSTAND TEXTILBEWEHRTER BETONBAUTEILE

Redouan El Ghadioui

Das Kraft-Verformungs-Verhalten eines zugbeanspruchten bewehrten Betonstabes ist durch die Phasen Zustand I (ungerissen), Zustand IIa (Rissbildungsphase) und Zustand IIb (abgeschlossenes Rissbild) charakterisiert, vgl. Abbildung 1. Bei Erreichen der Betonzugfestigkeit bildet sich ein Trennriss, in dessen Querschnitt die Zugkraft nur durch die Bewehrung aufgenommen wird, während die Dehnung im Beton auf Null fällt. In den Bereichen beidseits des Risses werden über Verbundspannungen wieder Zugspannungen in den Beton eingeleitet. Überschreiten die eingetragenen Zugspannungen die Betonzugfestigkeit entstehen weitere Risse. Die Länge, die benötigt wird, um durch die eingetragenen Zugspannungen die Betonzugfestigkeit zu erreichen, wird auch als Eintragungslänge l_t bezeichnet. Hieraus ergeben sich die minimalen, maximalen und mittleren Rissabstände ($s_{r,min} = l_t$, $s_{r,max} = 2\ l_t$, $s_{r,m} \approx 1{,}5\ l_t$). Durch Bilden eines Kräftegleichgewichts kann diese Eintragungslänge wie folgt bestimmt werden:

$$A_{c,eff} \cdot f_{ct,eff} = \tau_{bm} \cdot l_t \cdot u_s$$

Diese Zusammenhänge werden mittels einer effektiven Zugzonenhöhe auf biegebeanspruchte Balken übertragen.

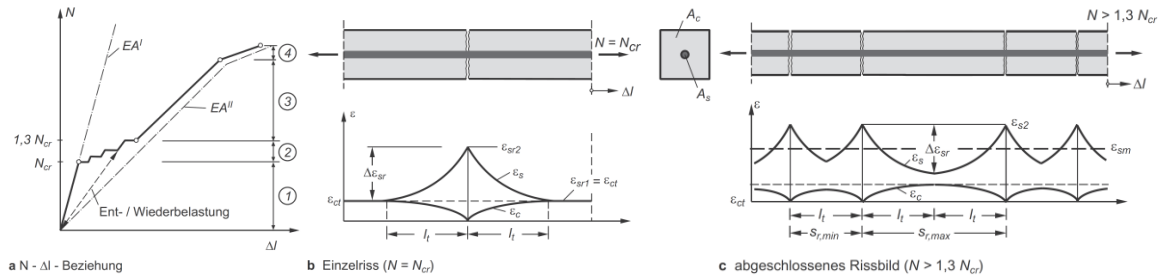


Abbildung 1: Rissbildungsstadien eines bewehrten Zugstabes nach (1)

Auf Basis von Traglastversuchen an carbon- und stahlbewehrten Betonbauteilen mit äquivalentem mechanischem Bewehrungsgrad (basierend auf den Mittelwerten der Festigkeiten) wurden die Rissbilder im Bruchzustand digitalisiert und die Rissabstände ausgewertet, vgl. Abbildung 2.

Nach DIN EN 1992-1-1 kann das Verhältnis $k_b = \tau_{bm} / f_{ct} = 1{,}8$ angenommen werden. Auf Basis der experimentell ermittelten Rissabstände konnte dieses Verhältnis rechnerisch überprüft werden, vgl. Abbildung 2. Es wurde festgestellt, dass die mittleren Verbundspannungen der gerippten Stahlbewehrung zwar höher sind ($k_{b,Stahl} > k_{b,Carbon}$), die Rissabstände jedoch in einer ähnlichen Größenordnung liegen. Durch den elliptischen Querschnitt der textilen Carbonbewehrung ist trotz des deutlich höheren geometrischen Bewehrungsgrades der Gesamtumfang der Bewehrung ähnlich groß.

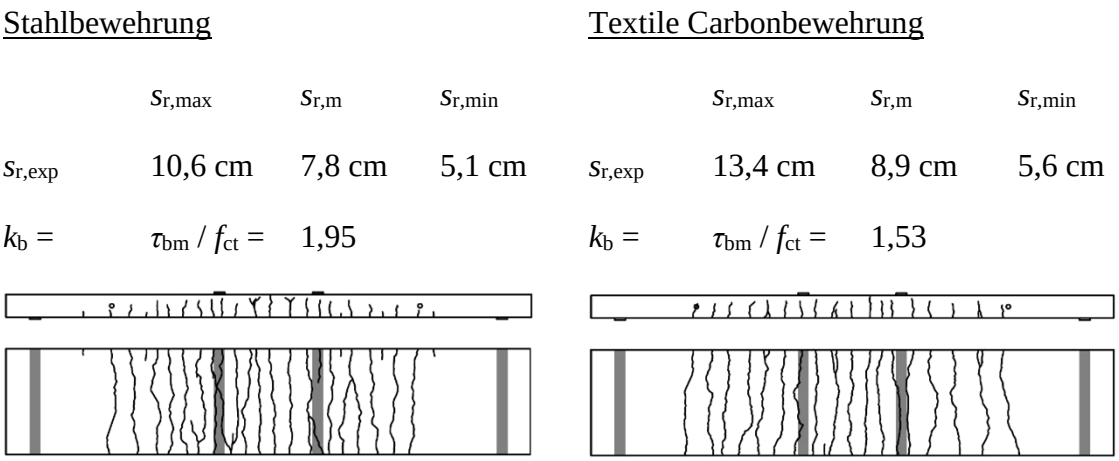


Abbildung 2: Rissbilder und Rissabstände im Vergleich

Neben dem Verbundverhalten der in Längsrichtung ausgerichteten Faserstränge beeinflusst die Querbewehrung das Rissverhalten maßgeblich. Durch die in der Regel engmaschig angeordnete Querbewehrung können kleinere Rissabstände auftreten. Die hieraus resultierenden Auswirkungen auf das Verformungsverhalten im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit werden im Rahmen weiterer Forschung näher untersucht.

(1) Zilch, Konrad; Zehetmaier, Gerhard (2010): Bemessung im konstruktiven Betonbau. Nach DIN 1045-1 (Fassung 2008) und EN 1992-1-1 (Eurocode 2). 2., neu bearb. und erw. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer.

EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNG ZUM VERBUNDVERHALTEN VON BFVK-BEWEHRUNG

Sebastian Hofmann

Zur Verifizierung bzw. Entwicklung von Bemessungsmodellen für basaltfaserverstärkte Kunststoffbewehrung, ist die Kenntnis über das Verbundverhalten im Beton unabdingbar. Durch sog. Pull-Out-Versuche nach RILEM (1) kann die Verbundspannung entlang eines einbetonierten Bewehrungselementes experimentell ermittelt werden. Hierzu wurden im Rahmen eines Forschungsprojektes insgesamt 46 Kleinkörperversuche mit stabförmiger BFVK-Bewehrung sowie herkömmlicher Betonstahlbewehrung als Referenz hergestellt und geprüft. Dabei wurden der Bewehrungsdurchmesser, die Betondruckfestigkeit sowie die Verbundlänge variiert, um deren Einfluss auf die Verbundspannungs-Schlupf-Beziehung zu untersuchen. In Abbildung 2 sind die Versuchs-ergebnisse mit einem Stabdurchmesser $\phi = 8$ mm und der Verbundlänge $l_b = 6 \times \phi$ sowie den Betonfestigkeiten $f_{c,cube} = 35$ N/mm² (Abbildung 2, links) und $f_{c,cube} = 64$ N/mm² (Abbildung 2, rechts) dargestellt.

Es konnte beobachtet werden, dass die mittlere Verbundspannung (Abbildung 1) sowohl bei Stahl- als auch bei der BVFK-Bewehrung mit steigender Betonfestigkeit zunimmt, wobei der Schlupf bei maximaler Verbundspannung bei Stahl-Bewehrung geringer ausfällt. Weiterhin ist zu beobachten, dass der qualitative Verlauf der Verbundspannungs-Schlupf-Beziehung bis zum Erreichen der maximalen Verbundspannung bei allen Versuchen ähnlich ist. Diese Erkenntnis ist für die Entwicklung bzw. Verifizierung von Verbundgesetzen sehr wichtig. Ein Schlupf von 0,2 mm führt beispielsweise in einem Biegebauteil zu einer mittleren Rissbreite von $w_m = 0{,}4$ mm. Diese Rissbreite stellt für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit z.B. im Hochbau eine wichtige Bezugsgröße dar.

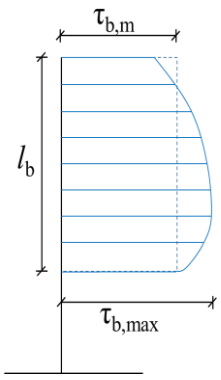


Abbildung 1: Mittlere Verbundspannung aus (2)

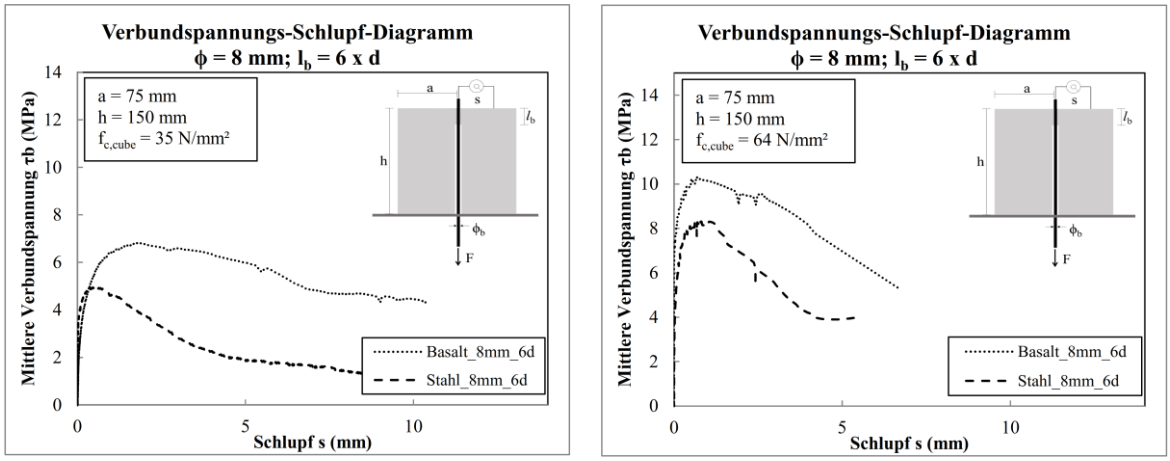


Abbildung 2: Verbundspannungs-Schlupf-Diagramm für ϕ = 8 mm, l_b = 6 x ϕ, $f_{c,\,cube}$ = 35 MPa (links), $f_{c,\,cube}$ = 64 MPa (rechts)

Anhand der experimentell ermittelten Verbundspannung kann nun ein Grenzwert der zul. Spannung $\sigma_{SLS,zul.}$ im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit für BFVK-Bewehrungsstäbe hergeleitet werden. Bleiben die Spannungen unterhalb des Grenzwertes, kann der Nachweis für die Rissbreitenbeschränkung erfüllt werden. Die zul. Spannung in der Bewehrung kann gemäß folgender Gleichung bestimmt werden:

$$\sigma_{SLS,zul.}\,(w_m) = \frac{F_b(s = 0{,}5\ x\ w_m)}{A_{Bewehrung}} \qquad \text{(a)}$$

F_b entspricht nach Formal (a) der Auszugskraft bei einem Schlupf der halben zu begrenzenden Rissbreite $w_{m.}$ Diese zul. Spannung zur Begrenzung der Rissbreite bei FVK-Bewehrung ist für jeden Bewehrungsdurchmesser und jeden Hersteller entsprechend separat zu ermitteln, da sich je nach Typ und Oberflächengeometrie andere Verbundspannungs-Schlupf-Beziehungen ergeben.

(1) RILEM. Technical Recommendations for the Testing and Use of Construction Materials. London (UK): E & Fn SPON 1992

(2) Leonhardt, F., Mönnig, E.: Vorlesung über Massivbau - Teil 1: Grundlagen zur Bemessung im Stahlbetonbau. Berlin: Springer-Verlag 1984

TEXTILBEWEHRTE BETONPLATTEN UNTER PUNKTFÖRMIGEN EINZELLASTEN (VORVERSUCHE)

Larissa Krieger

Der Parkhausbau stellt, aufgrund des hohen Chlorideintrages durch die Fahrzeuge, ein ideales Anwendungsgebiet für carbonbewehrte Bauteile in der Baupraxis dar. Durch den Einsatz korrosionsresistenter, hochfester Bewehrung kann die erforderliche Betondeckung auf das Mindestmaß, zur Übertragung der Verbundspannungen, reduziert werden.

Im Rahmen eines groß angelegten Forschungsprojektes wird das Trag- und Verformungsverhalten carbonbewehrter Deckenplatten für den Einsatz im Parkhausbau untersucht. Durch die Achs- und Radlasten der Fahrzeuge sind neben Flächen- auch punktuelle Einzellasten anzusetzen und entsprechende Tragfähigkeitsuntersuchungen durchzuführen. Die Ergebnisse erster Vorversuche an Plattenstreifen unterschiedlicher Höhe hinsichtlich der Biegetragfähigkeit sind in der nachfolgenden Abbildung 1 dargestellt.

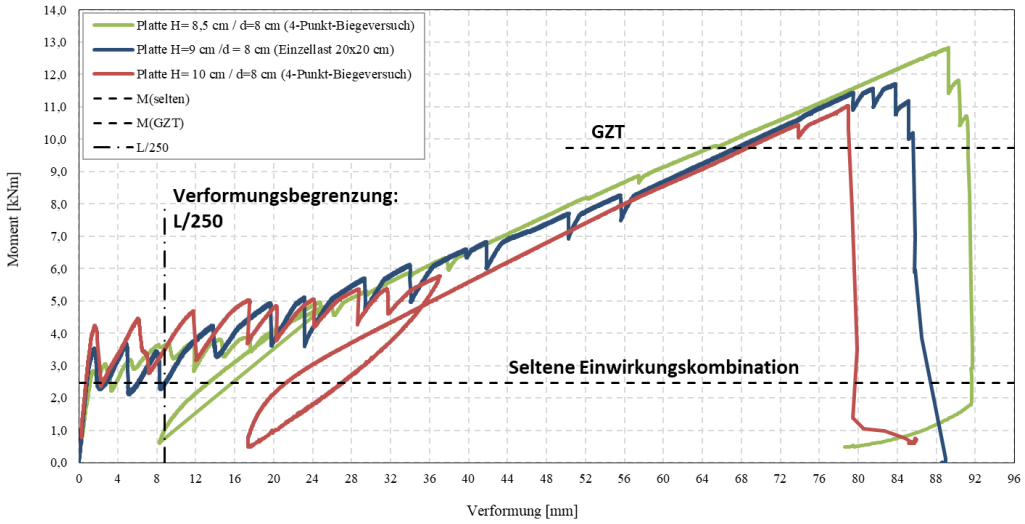


Abbildung 1: Momenten-Verformungs-Diagramm

Geprüft wurden 50 cm breite Platten mit einer Spannweite von 2,20 m und einer einheitlichen statischen Nutzhöhe von 8 cm. Die Betondeckung der einzelnen Platten variiert zwischen 0,5 cm und 2,0 cm. Als Bewehrung kamen epoxidharzgetränkte Gelege mit einem Querschnitt von a_{tex} = 0,78 cm²/m zum Einsatz. Die Ergebnisse der Bauteilversuche zeigen, dass alle Platten aufgrund der hohen Biegezugfestigkeit des Betons (f_{ctm} = 10 N/mm²) unter Gebrauchs-last

im ungerissenen Bereich bleiben. Die zulässige Verformung von $w_{L/250} = 8{,}8$ mm wird auch unter Berücksichtigung zeitabhängiger Kriechverformungen einzuhalten sein.

Ausblick / Weitere Forschungsaktivitäten:

Bis Ende 2019 werden umfangreiche Bauteilversuche an großformatigen Carbonbetonplatten unter Einzellasten (Aufstandsfläche 20 x 20 cm) hinsichtlich des Biege- und Querkrafttragverhaltens durchgeführt und eine Übertragbarkeit der normativen Regelungen aus dem Stahlbetonbau überprüft. Gemäß dem DAfStb-Heft 240 [1] sind lediglich die Laststellung sowie die Aufstandsfläche der Last zur Ermittlung der mitwirkenden Breiten für Biegung und Querkraft berücksichtigt. Es ist jedoch bekannt, dass insbesondere die Querbewehrung einen Einfluss auf die Lastausbreitung hat [2]. Zudem könnte auch die Engmaschigkeit der Carbongelege mit einer Maschenweite von ca. 5 cm einen Einfluss auf die Lastausbreitung in Querrichtung haben. Die hieraus resultierenden Auswirkungen auf das Trag- und Verformungsverhalten werden im Rahmen weiterer Forschungsaktivität näher untersucht.

(1) Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: DAfStb-Heft 240 Hilfsmittel zur Berechnung der Schnittgrößen und Formänderungen von Stahlbetonwerken nach DIN 1045, Ausgabe Juli 1988, Beuth-Verlag

(2) Leonhardt, Fritz (1984): Vorlesungen über Massivbau Teil 1: Grundlagen zur Bemessung im Stahlbetonbau, Springer-Verlag, 3. Auflage

SCHUBKRAFTÜBERTRAGUNG IN FUGEN ZWISCHEN BETONEN UNTERSCHIEDLICHEN ALTERS

René Mazur

Zum Nachweis der Schubkraftübertragung in Fugen zwischen zu unterschiedlichen Zeitpunkten hergestellten Betonierabschnitten werden unter anderem in DIN EN 1992-1-1/NA und im fib Model Code 2010 Bemessungsgleichungen gegeben. In beiden genannten Regelwerken wird hierbei zwischen sehr glatten, glatten, rauen und sehr rauen beziehungsweise verzahnten Fugenoberflächen unterschieden. Die Bemessungsgleichungen unterscheiden sich für die verschiedenen Oberflächenrauhigkeiten bzw. -geometrien nicht. Lediglich die Beiwerte für Reibung und mechanische Verzahnung müssen entsprechend der zugrundliegenden Randbedingungen ausgewählt werden. Oberflächen mit Betonzähnen, die beispielsweise durch eine Schalung geformt und hergestellt werden, sind normativ mit den gleichen Beiwerten wie sehr raue Fugen zu bemessen.

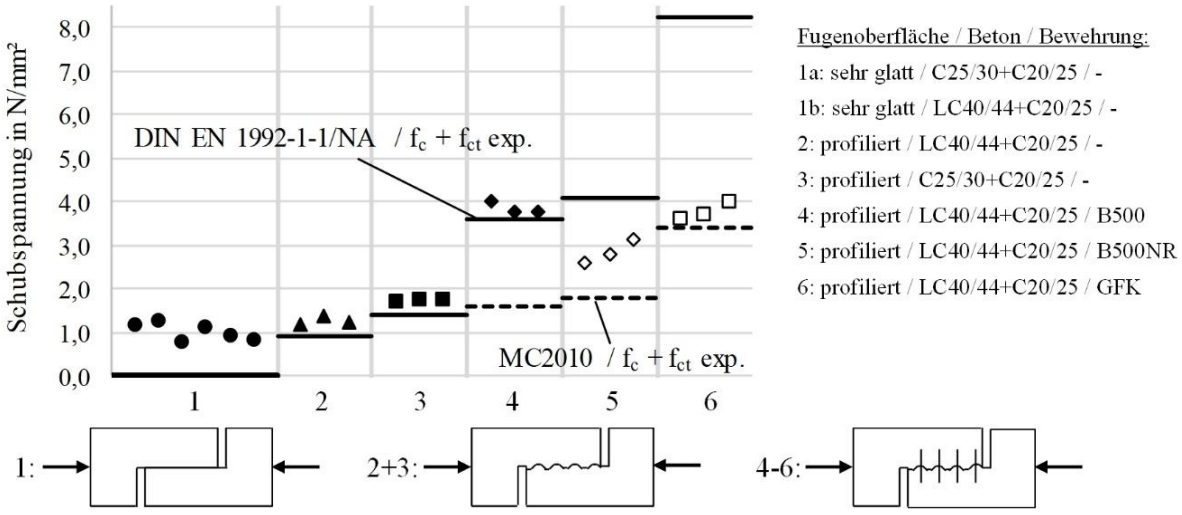


Abbildung 1: Vergleich von Versuchsergebnissen mit DIN EN 1992-1-1/NA und fib Model Code 2010

In Abbildung 1 sind die Ergebnisse einiger Bauteilversuche den rechnerischen Mittelwerten nach DIN EN 1992-1-1/NA und fib Model Code 2010 gegenübergestellt. Im Falle der unbewehrten verzahnten Fuge (Versuchsreihen 2 und 3) stimmen die Versuchsergebnisse mit den Abschätzungen nach oben genannten Bemessungsregeln gut überein. Auf Grundlage dieser wenigen Versuchsergebnisse kann jedoch nicht festgestellt werden, welchen Einfluss eine Änderung der Zahngeometrie auf die Versuchsergebnisse hat.

In beiden genannten Regelwerken wird bei der Bemessung jeweils von einem additiven Ansatz der drei Traganteile Adhäsion beziehungsweise mechanische Verzahnung, Reibung und Bewehrung zur Ermittlung der Gesamtschubtragfähigkeit ausgegangen. Dieser Ansatz ist äußerst praxistauglich, da keine Fallunterscheidung nach Versagensarten vorgenommen werden muss. Beim Vergleich der Versuche mit den normativen Ansätzen lässt sich zwar eine gute Übereinstimmung feststellen, jedoch bildet die Addition der einzelnen Traganteile das tatsächliche mechanische Tragverhalten nicht korrekt ab und ist somit kritisch zu hinterfragen. In Abbildung 1 sind ebenfalls beispielhaft Versuche mit bewehrten Fugen (Versuchsreihen 4 bis 6) dargestellt. Während für die Versuchsreihen 4 und 5 eine mäßige bis gute Übereinstimmung der Ergebnisse festgestellt werden kann, weichen die Versuchsergebnisse von Versuchsreihe 6 stark von den rechnerischen Mittelwerten nach DIN EN 1992-1-1/NA ab.

Durch die Auswertung weiterer, bereits durchgeführter experimentelle Versuche sowie analytische und numerische Untersuchungen wird das Schubtragverhalten in Fugen zwischen Betonen unterschiedlichen Alters weiter analysiert. Dabei wird besonderes Augenmerk auf verzahnte Fugen gelegt. Erste numerische Untersuchungen konnte das Tragverhalten der Versuche bereits gut abbilden. Durch ergänzende experimentelle Untersuchungen sollen die analytischen und numerischen Berechnungen validiert werden.

STATISTISCHE UNSICHERHEITEN BEI DER BESTIMMUNG VON MATERIALEIGENSCHAFTEN FÜR DIE NACHRECHNUNG VON BESTANDSGEBÄUDEN

Dominik Müller

Materialeigenschaften bestehender Bauwerke werden oftmals durch Prüfungen ermittelt, wenn auf Grund einer Nutzungsänderung ein erneuter statischer Nachweis erforderlich ist und keine Dokumente aus der Planungsphase vorliegen oder der statische Nachweis ohne eine genauere Ermittlung der tatsächlich vorhandenen Materialeigenschaften nicht erbracht werden kann. Da alle Materialeigenschaften streuen und die Stichprobenanzahl aus Gründen der Wirtschaftlichkeit beschränkt ist, stellen auch das arithmetische Mittel und die empirische Standardabweichung der Prüfergebnisse Zufallsgrößen dar. Diese sogenannte statistische Unsicherheit ist bei der Auswertung der Prüfergebnisse zu berücksichtigen.

Eine materialunabhängige Vorgehensweise zur Ermittlung charakteristischer Werte und Bemessungswerte unter Berücksichtigung statistischer Unsicherheiten ist in EN 1990, Anhang D dargestellt. Der Vorgehensweise liegt ein Bayes'sches Verfahren mit nicht-informativen A-priori-Verteilungen zu Grunde. Für eine log-normalverteilte Materialeigenschaft ergibt sich das p-Quantil X_p als:

$$X_p = \exp\left(m_{\ln X} - k_{p,n} \cdot s_{\ln X}\right) \qquad \text{mit} \quad k_{p,n} = -t_{n-1,p} \cdot \sqrt{1+\frac{1}{n}} \tag{a}$$

Hierbei sind $m_{\ln X}$ und $s_{\ln X}$ das arithmetische Mittel und die empirische Standardabweichung der natürlichen Logarithmen der Prüfergebnisse. Der von der Stichprobenanzahl n abhängige Beiwert $k_{p,n}$ ist in EN 1990 für charakteristische und Bemessungswerte tabelliert. Alternativ kann $k_{p,n}$ über die Student'sche t-Verteilung mit n-1 Freiheitsgraden bestimmt werden. Die Unterschreitungswahrscheinlichkeit p liegt gemäß EN 1990 bei 5 % für charakteristische und bei ≈ 0,1 % für Bemessungswerte. In Abbildung 1 ist eine Auswertung der Gleichung (a) bei Annahme eines Variationskoeffizienten der Prüfergebnisse von V_X = 20 % dargestellt. Es ist zu erkennen, dass der Einfluss der statistischen Unsicherheit auf die Bemessungswerte X_d deutlich stärker ausgeprägt ist als bei den charakteristischen Werten X_k, was sich durch die deutlich niedrigere Unterschreitungswahrscheinlichkeit erklären lässt.

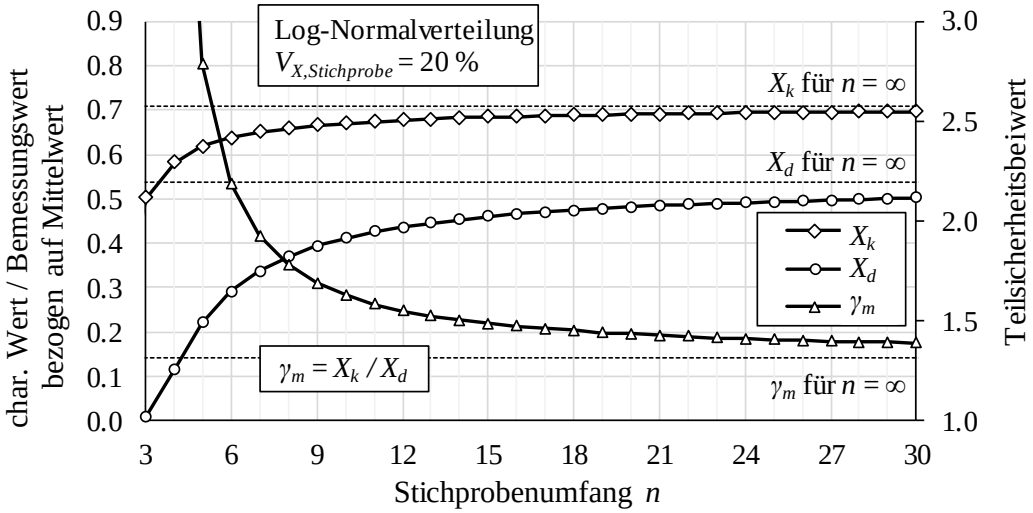


Abbildung 1: Einfluss der statistischen Unsicherheit auf charakteristische Werte, Bemessungswerte und Teilsicherheitsbeiwerte für Materialeigenschaften

Der in Abbildung 1 dargestellte Quotient aus charakteristischem und Bemessungswert repräsentiert den erforderlichen Teilsicherheitsbeiwert für Materialeigenschaften γ_m. Da die Bemessungswerte bei steigender Stichprobenanzahl langsamer konvergieren als die charakteristischen Werte, hängt auch der erforderliche Teilsicherheitsbeiwert vom Stichprobenumfang ab. Dies ist insbesondere dann zu berücksichtigen, wenn Teilsicherheitsbeiwerte für Bestandsbauwerke in Abhängigkeit der Ergebnisse von Bestandsprüfungen modifiziert werden sollen, vgl. (1).

(1) Müller, Dominik; Graubner, Carl-Alexander (2018): Uncertainties in the assessment of existing masonry structures. In: Proceedings of the Sixth International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering (IALCCE 2018). 28.-31. Oktober 2018. Gent, Belgien.

MOMENT-NORMALKRAFT-INTERAKTION AM KNOTEN VON MAUERWERKSWAND UND TEILAUFLIEGENDER DECKE

Benjamin Purkert

Bei der Bemessung von Außenwänden aus Mauerwerk müssen Einspannmomente, die infolge der fehlenden Möglichkeit einer freien Deckenverdrehung entstehen, berücksichtigt werden. Die Berechnung dieser Biegemomente kann in Deutschland nach DIN EN 1996-1-1/NA, Anhang NA.C erfolgen, wobei die Schnittgrößen auf Basis linearer Elastizitätstheorie an einem vereinfachten Rahmensystem ermittelt werden. Dabei wird das Volleinspannmoment der Decke anhand der Biegesteifigkeiten der am Knoten angrenzenden Bauteile auf die Wände aufgeteilt. Das Aufreißen des Querschnitts und die damit einhergehende Steifigkeitsreduktion werden vereinfacht über einen Abminderungsbeiwert abgebildet, der jedoch nicht den Einfluss der Normalkraft berücksichtigt.

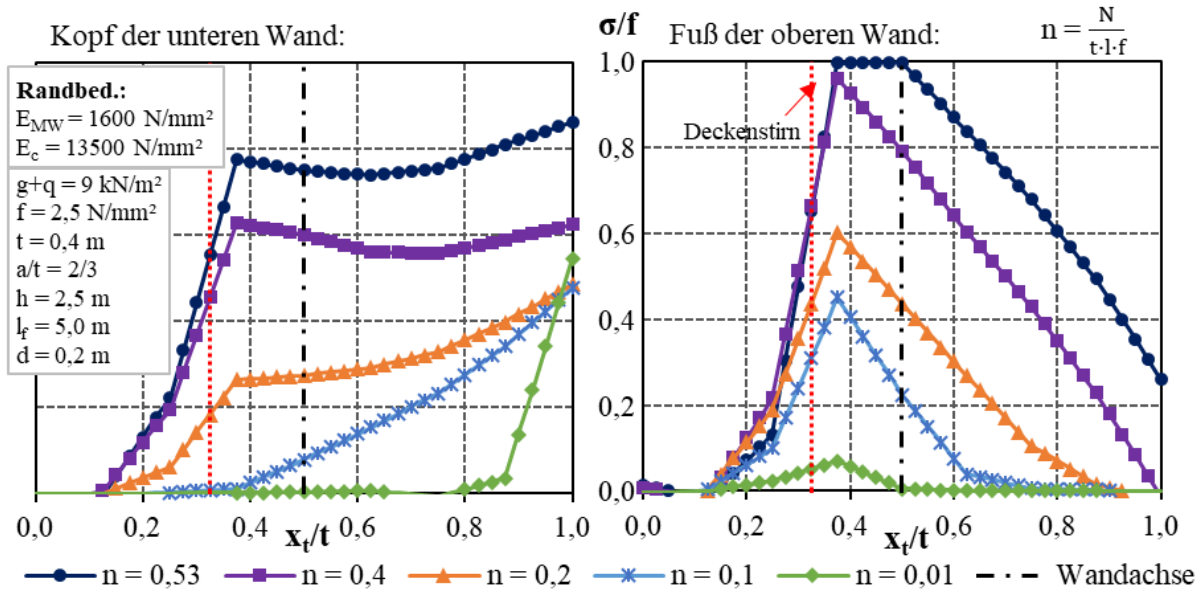


Abbildung 1: Spannungsverteilung über den Querschnitt in der Mauerwerkswand

Bei genauerer Untersuchung des Tragverhaltens des Wand-Decken-Knotens mithilfe eines numerischen Modells zeigt sich, dass eine Berechnung nach Elastizitätstheorie das tatsächliche Tragverhalten nur bedingt abbilden kann. Insbesondere die Annahme einer linearen Dehnungsverteilung über den Querschnitt nach Bernoulli ist nicht mehr gegeben, wie eine Auswertung der Dehnungen ergibt (vgl. Abbildung 1). Außerdem ist aus Abbildung 1 zu erken-

nen, dass die Normalkraft einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf das am Wandkopf bzw. Wandfuß wirkende Biegemoment hat.

In Abbildung 2 sind in Abhängigkeit der Normalkraft die auf die Wandachse bezogenen Biegemomente aus der numerischen Berechnung den normativ ermittelten Momenten gegenübergestellt. Man erkennt, dass normativ ein linearer Zusammenhang zwischen Normalkraft, Biegemoment und Exzentrizität unterstellt wird, der in der Realität jedoch so nicht gegeben ist. Insbesondere am Wandfuß sind erheblich Abweichungen feststellbar.

Es kann jedoch auch konstatiert werden, dass mit dem normativen Berechnungsverfahren – ausgenommen bei geringer Normalkraftbeanspruchung am Wandkopf – stets größere Exzentrizitäten ermittelt werden als sich tatsächlich aus dem numerischen Modell ergeben, sodass die Bemessung nach Norm in den meisten Fällen auf der sicheren Seite liegt.

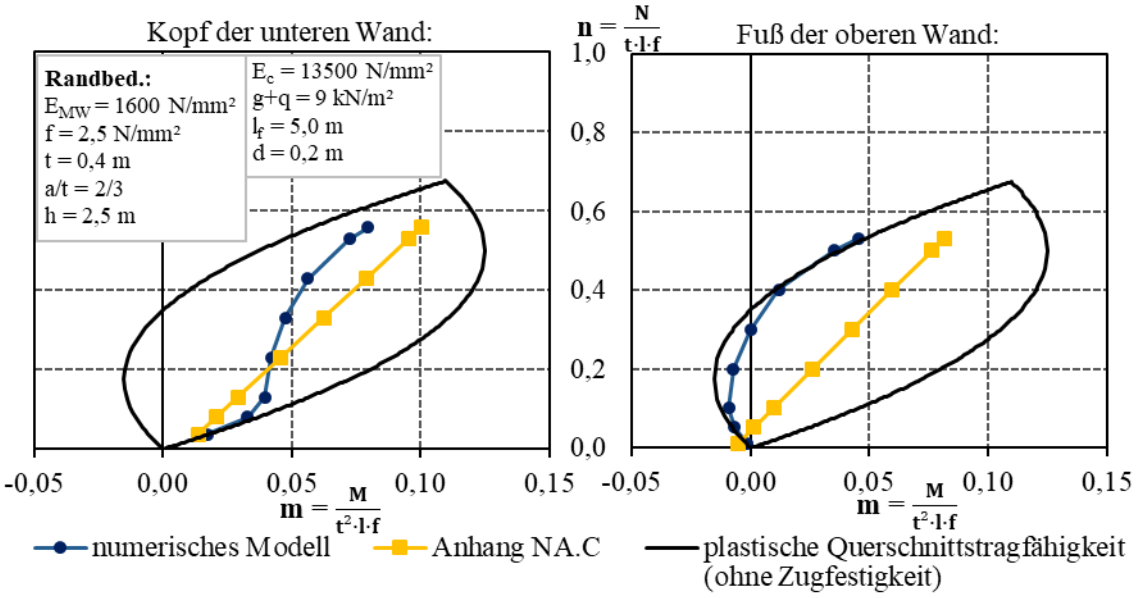


Abbildung 2: Vergleich der numerisch und normativ ermittelten M-N-Interaktion

EINHEITLICHES QUERKRAFTMODELL FÜR SCHLANKE BEWEHRTE BETONBAUTEILE OHNE SCHUBBEWEHRUNG

Ngoc Linh Tran

Seit dem ersten Einsatz von Stahlbeton vor mehr als hundert Jahren erweist sich die Entwicklung eines allgemeinen mechanischen Modells zur Ermittlung der Querkrafttragfähigkeit von Stahlbetonbauteilen ohne Schubbewehrung, welches für alle Praxisfälle durchgängig gültig ist. Bestehende Querkraftmodelle wurden unter Verwendung bestimmter empirischer Parameter entwickelt, in denen einige mechanische Aspekte nicht eindeutig erklärt werden konnten. Daher sind diese Querkraftmodelle nur für einen begrenzten Anwendungsbereich einsetzbar und stark abhängig von den Querkraftversuchsdatenbanken, die zur Kalibrierung der Modelle verwendet werden.

Im Gegensatz zu den bestehenden Querkraftmodellen berücksichtigt das neu entwickelte Modell alle notwendigen physikalischen Parameter mit realistischen Werten. Die Herleitung des Modells basiert auf den Prinzipien der Mechanik. Unter Berücksichtigung der Betonbruchenergie wird die Übertragung der Schubspannung über die Risse im Modell betrachtet. In Kombination mit einer Analyse der Rissbreite und des Rissabstandes wird der Maßstabseffekt automatisch berücksichtigt. Durch Verwendung der Parameter von Beton- und Bewehrungsmaterialien eignet sich das Modell nicht nur für die Bemessung von Neubauteilen, sondern auch für die Nachrechnung bestehender Betonbauwerke. Das Querkraftmodell bietet ein breites Anwendungsspektrum, das sowohl die konventionellen Stahlbetonbauteile als auch die neuen bewehrten Betonsysteme umfasst. Die erste Formulierung des neuen Modells wurde in (1) vorgestellt und in (2) ausführlich präsentiert. Nach dem neuen Modell wird der Mittelwert der Querkrafttragfähigkeit eines schlanken Betonbauteils ohne Schubbewehrung wie folgt berechnet:

$$V_{cm} = \frac{2}{3} \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot d \cdot \left(k_x + 1.25 \cdot \frac{G_F}{f_{ctm} \cdot w_m} \cdot \left(1 - k_x\right) \right) \qquad \text{(a)}$$

Hierbei sind f_{ctm} und G_F die mittlere Zugfestigkeit und Bruchenergie des Betons; b und d sind die Breite und statische Nutzhöhe des Betonbauteils; $k_x = x / d$ ist die bezogene Druckzonenhöhe und w_m ist der mittlere primäre Rissabstand entsprechend dem betrachteten Abschnitt. Werden konzentrierte Lasten aufgebracht, wird der kritische Querschnitt auf einen Abstand d

vom Lastpunkt eingestellt. Die Berechnung der Querkrafttragfähigkeit V_{cm} ist im Allgemeinen iterativ. Die Parameter sind in Abschnitt 9.1.3 der Literatur (2) ausführlich erläutert und festgelegt. Ein Vergleich zwischen experimentellen und berechneten Ergebnissen für einen umfangreichen Bereich von Stahlbetonbauteilen zeigt, dass das neue Querkraftmodell eine konsistent hohe Vorhersagegenauigkeit aufweist, siehe Tab. 1.

Tabelle 1: Vergleich zwischen experimentellen und berechneten Querkrafttragfähigkeiten aus (2)

Nr.	Prüfgruppe	Anzahl der Balken	Mittelwert von V_{exp} / V_{cal}	CoV (%)
	Konzentrierte Last			
1	Normalbeton	1086	0.99	14.9
2	Recyclingbeton	131	1.02	13.0
3	Leichtbeton	49	1.01	16.9
4	Normalbeton + Vorspannung	113	0.99	12.2
5	Stahlfaserbeton	60	1.06	14.5
6	Normalbeton + FRP Bewehrung	207	1.09	14.4
	Verteilte Last			
7	Normalbeton	16	0.99	11.2
8	Normalbeton + Vorspannung	12	1.03	9.6

Eine neue Validierung des Querkraftmodells für textilbewehrte Betonbauteile, Sandwichbetonbauteile und Elemente aus Schaumbeton, Geopolymerbeton, Beton mit hohem Schwind-, Quell- und Kriecheffekts zeigt ebenfalls positive Ergebnisse der Vorhersagegenauigkeit. Das neue Modell kann daher als ein einheitliches Querkraftmodell für schlanke Stahlbetonbauteile ohne Schubbewehrung bezeichnet werden.

(1) Tran, N.L.: A new model for shear strength of fibre-reinforced concrete members without shear reinforcement. fib Symposium 2017, Maastricht, The Netherlands, June 12-14, 2017.

(2) Tran, N.L.: Shear strength of slender reinforced concrete members without shear reinforcement – A mechanical model. Habilitation. Technische Universität Darmstadt, 2018.

ENTWICKLUNG EINER THERMISCHEN ENTKOPPELUNG VON STAHLBETONWÄNDEN IM WAND-DECKENKNOTEN

Jochen Zeier

Eine Reduzierung von Wärmebrücken kann erheblich dazu beitragen, den künftigen Anforderungen an energieeffizientes Bauen gerecht zu werden. Ziel dieses Forschungsvorhabens ist es, die wissenschaftlichen Grundlagen zur Entwicklung und Einführung thermisch entkoppelter Anschlüsse für Stahlbetonwände zu erarbeiten. Der zu entwickelnde Wandanschluss soll eine ausreichende thermische Entkopplung der Stahlbetonwand von der Stahlbetondecke ermöglichen und gleichzeitig die statischen Anforderungen insbesondere aus der Temperaturverformung der Wand erfüllen. Das Hauptanwendungsgebiet wird bei mehrgeschossigen Wohn- und Bürogebäuden mit Tiefgaragen gesehen.

Die bauphysikalischen und statischen Anforderungen an den thermisch entkoppelten Wandanschluss wurden aufbauend auf einem vorherigen Forschungsvorhaben (1) zusammengestellt. Der Wand-Decken-Anschluss muss in den tragenden Teilen aus „nichtbrennbaren“ Materialien bestehen und geringere Wärmeverluste verursachen, als die konstruktive Lösung mit Dämmung am Wandkopf. Aus statischer Sicht sind die aus der Temperaturverformung auftretenden Zwangskräfte die maßgebenden Einwirkungen.

Ausgehend von einer Materialzusammenstellung wurde ein vollflächiges Leichtbetonelement anhand von statischen, bauphysikalischen und ökonomischen Kriterien als am besten geeignet identifiziert.

Mithilfe einer thermischen Modellierung konnte der erforderliche Wärmedurchgangskoeffizient λ für den Wandanschluss bestimmt werden. Es zeigte sich, dass der Wärmeverlust an der Wärmebrücke unter Verwendung des Wand-Decken-Anschlusses gegenüber der monolithischen Konstruktion ohne zusätzliche Dämmung signifikant verringert werden konnte. Zugleich sind die Wärmeverluste geringer als bei der konstruktiven Lösung mit Dämmung am Wandkopf.

Das Tragverhalten des Wand-Decken-Anschlusses aus einem vollflächigen Leichtbetonelement wurde experimentell untersucht, wobei der Schubwiderstand anhand von Kleinkörper-

versuchen ermittelt wurde (vgl. Abbildung 1). Die Nachrechnung der Versuche mittels FE-Software zeigt eine gute Übereinstimmung.



Abbildung 1: Kleinversuchskörper

Anhand von Großversuchen wurde die kombinierte Belastung aus einem Biegemoment und einer Schubkraft auf die Fuge untersucht. Aufgrund der Interaktion ist eine reduzierte Schubkrafttragfähigkeit zu berücksichtigen.

Der neuartige Wandanschluss aus einem Leichtbetonelement mit zahnförmiger Oberfläche und Fugenbewehrung zur Sicherstellung eines ausreichenden Verbundes weist im Versuch eine für viele Anwendungen ausreichend hohe Tragfähigkeit auf, ist kostengünstig und reduziert zugleich die Wärmeverluste an der Wärmebrücke maßgeblich.

(1) Graubner, C.-A.; Proske, T.; Zeier, J.; Bröse, C. (2016): Entwicklung thermisch entkoppelter Druckanschlüsse für Stahlbetonstützen. Forschungsbericht, TU Darmstadt, Institut für Massivbau, Darmstadt, 2016

2.3 FORSCHUNGSFELD: MINERALISCHE UND ÖKOLOGISCHE BAUSTOFFE

Die Schwerpunkte im Forschungsgebiet „Mineralische und ökologische Baustoffe“ liegen in den Bereichen ökologisch optimierter Konstruktionsbetone, ökologisch optimierter Bindemittel, Selbstverdichtender Betone und Frischbetondruck auf Schalungen.

Ziel im Forschungsschwerpunkt „Ökologisch optimierte Konstruktionsbetone“ ist die Entwicklung von sogenannten „Green Concretes“ oder „Ökobetonen“. Diese Betone sind derart zusammengesetzt, dass die aus der Herstellung der Ausgangsstoffe und der Betonherstellung resultierende Umweltbelastung möglichst gering ist. In mehreren Forschungsprojekten werden unter Beteiligung der Betonfertigteilindustrie und Transportbetonhersteller derzeit Ökobetone entwickelt, mit denen in naher Zukunft tragende Betonbauteile hergestellt werden können.

Durch die Reduzierung des Wassergehaltes, die Umstellung auf ein Hochleistungsfließmittel und eine deutliche Erhöhung des Kalksteinmehlgehaltes wurde eine signifikante Reduzierung des Klinkeranteils bei Beibehaltung der Betondruckfestigkeit erreicht. Insgesamt weisen die zementreduzierten „Ökobetone“ gegenüber den herkömmlich eingesetzten Betonen ein um ca. 30% bis 60% verringertes Treibhauspotential auf.

SCHWINDARME BETONE FÜR BAUTEILE IM INFRASTRUKTUR-BEREICH

Christian Herget, Tilo Proske

Mit der Herstellung von Zement und Beton sind etwa 5-8 % der jährlichen anthropogenen CO_2-Emissionen verbunden. Durch eine Verringerung des Zementklinkergehalts in Zement und Beton könnten diese weitaus ökologischer hergestellt werden. Vor allem im Verkehrswegebau werden aufgrund der starken Umgebungseinflüsse wie Frost-Tau-Wechsel, Tausalzangriff, Alkali-Kieselsäure-Reaktion und mechanische Beanspruchung besondere Anforderungen an die Zemente und die daraus hergestellte Betone gestellt. Daher werden oftmals Portland- oder Kompositzemente mit nur geringen Mengen an Klinkerersatzstoffen verwendet. Insbesondere bei unbewehrten Bauteilen, wie Fahrbahndecken aus Beton, oder vorgespannten Betonbauteilen in Brückenüberbauten beeinflussen die Verformungseigenschaften wie das Kriechen und Schwinden signifikant das Tragverhalten und die Dauerhaftigkeit.

Im Rahmen dieser Forschungsarbeit wurde daher das Kriech- und Schwindverhalten von Betonen mit annähernd gleicher Druckfestigkeit (C30/37) für den Verkehrswegebau aus klinkerarmen Zementen untersucht. Dabei wurden ausgehend von üblichen Betonzusammensetzungen sowohl der Zementklinkergehalt der Laborzemente als auch der Wasser-Zement-Wert variiert. In diesem Rahmen wurden die Druckfestigkeit und die Schwind- und Kriechverformungen der daraus hergestellten Betone ermittelt. Es wurde festgestellt, dass bei einer Anpassung der Betontechnologie durch Verringerung des Wassergehalts und Teilsubstitution des Zementklinkers durch Kalksteinmehl und Hüttensand im Beton vergleichbare Festigkeiten erzielt werden können, wie Referenzbetone aus reinem CEM I und einem üblichen w/z-Wert aufweisen. Beton aus CEM II/B-LL mit einem Kalksteinmehlgehalt von 35 M.-% bewirkt eine signifikante Reduzierung der Schwindverformung (vgl. Abbildung 1 links). Der Hüttensand scheint beim Schwindverhalten von Beton mit w/z = 0,5 und einem Hüttensandanteil von 46 M.-% nur einen geringen Einfluss zu haben (vgl. Abbildung 1 rechts). Das geringste Schwindmaß wurde bei Betonen mit einem Multikompositzement aus Zementklinker, Hüttensand und Kalksteinmehl im Verhältnis 35/30/35 M.-% erreicht. Das Kriechverhalten wurde insbesondere durch Hüttensand positiv beeinflusst. Zudem wurden die gemessen Schwind- und Kriechwerte mit rechnerischen Werten aus normativen Ansätzen verglichen. Es wurde

festgestellt, dass das Vorhersagemodell für Schwinden und Kriechen im Eurocode 2 deutlich auf der sicheren Seite für Betone aus hüttensandhaltigen Zementen liegt. Eine Anpassung der aktuellen Norm hinsichtlich der Schwind- und Kriechverformungen wird als sinnvoll erachtet.

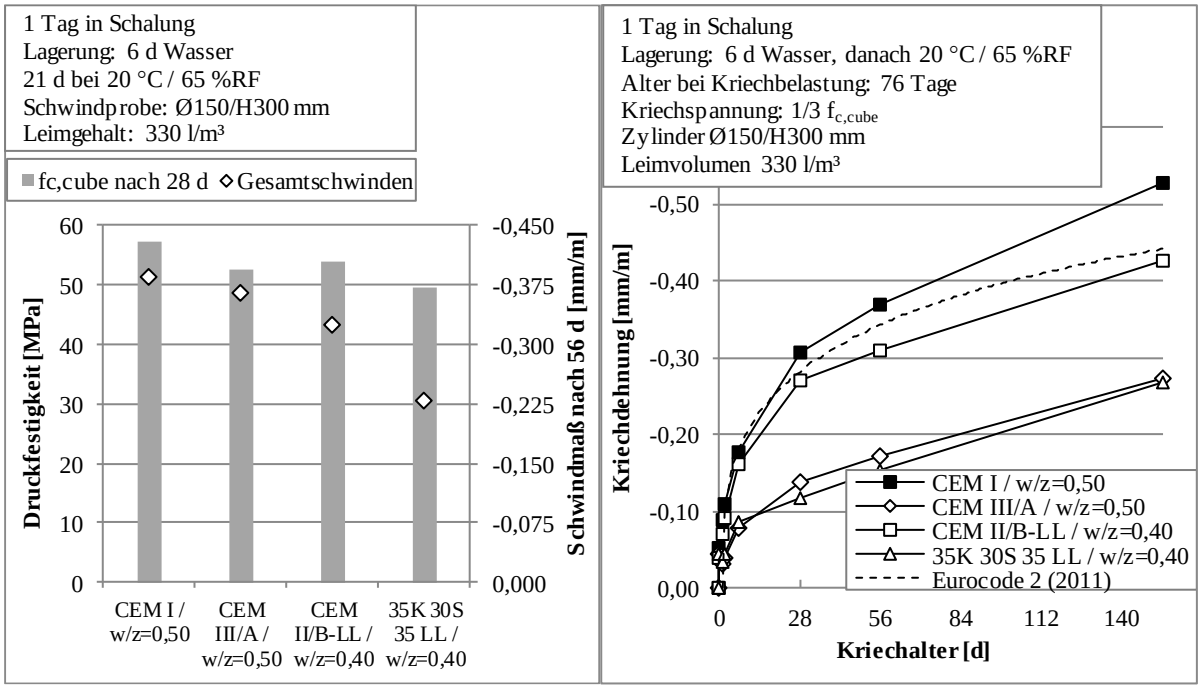


Abbildung 1: Druckfestigkeiten und Schwinddehnungen (links) sowie Kriechdehnungen (rechts) von Betonen mit klinkerreduzierten Zementen

EINFLUSS DER PERMEABILITÄT TEXTILER SCHALUNGEN AUF DIE DAUERHAFTIGKEIT VON BETONBAUTEILEN

Moien Rezvani, Tilo Proske, Sascha Hickert, Vincent von Goertzke

Die Eigenschaften von Beton werden insbesondere vom Wasser-Zement-Verhältnis der Betonmischung beeinflusst. Dabei führt ein niedrigerer Wasser-Zement-Wert i.d.R. zu einer höheren Festigkeit und Dauerhaftigkeit des Festbetons. Gerade die Eigenschaften der Randzone des Betonbauteils bzw. im Bereich der Betondeckung sind für die Dauerhaftigkeit des Betonbauteils von entscheidender Bedeutung. Realisiert werden kann eine gezielte oberflächennahe Absenkung des Wasser-Zement-Wertes bzw. eine Verbesserung der Dichtigkeit der Betonrandzone durch die Verwendung von permeablen Schalungen. Gegenüber dichter konventioneller Schalung (z. B. Stahlschalung, beschichtete Holzschalung und Kunststoffschalung) kann bei textilen permeablen Schalungen nach der Betonage überschüssiges Wasser durch die Schalhaut austreten.

Im Rahmen dieser interdisziplinären Forschungsarbeit unter Betreuung der Fachgebiete Massivbau und Fassadentechnik wurde untersucht, in welchem Maße die Permeabilität textiler Schalungen die mechanischen Kenngrößen und Dauerhaftigkeit von Beton bzw. Betonbauteilen beeinflusst. Vier textile Schalungen mit verschiedenen Permeabilitäts- und Materialeigenschaften wurden verwendet (u.a. Covertec (dichtes Referenzmaterial), Polyester, Baumwolle und Sefitec). Die Druckfestigkeit, Schwindverformung, Karbonatisierungstiefe, Wasserdampfdiffusion, Frostwiderstand und Oberflächenhärte von zwei Betonen mit unterschiedlichen Festigkeitsklassen wurden an entsprechend hergestellten Probekörpern experimentell ermittelt. Zudem wurden diese Untersuchungen an einem Ökobeton mit reduziertem Wasser- und Klinkergehalt durchgeführt. Die Ergebnisse der Karbonatisierungsprüfung sind in Abbildung 1 zusammengefasst. Es ist zu erkennen, dass der Karbonatisierungswiderstand und die Druckfestigkeit der Betone signifikant durch der Permeabilität der textilen Schalungen beeinflusst wird. Bei allen drei Betonsorten, weisen die Proben bei permeabler Schalung deutlich höhere Karbonatisierungswiderstände sowie höhere Betondruckfestigkeiten als die dichten Referenzproben (Covertec) auf. Darüber hinaus wurde eine kleinere Schwindverformung und eine verbesserte Oberflächenhärte bei Verwendung einer permeablen Schalung beobachtet.

Insgesamt zeigen die Versuche, dass bei permeabler Schalung ein positiver Effekt hinsichtlich Festigkeit und Dauerhaftigkeit eintritt. Die Reduzierung des Wasser-Zement-Wertes bzw. der Porosität in der Betonrandzone bewirkt eine Verbesserung der Dichtigkeit gegenüber Umwelteinflüssen und somit eine Erhöhung der Dauerhaftigkeit.

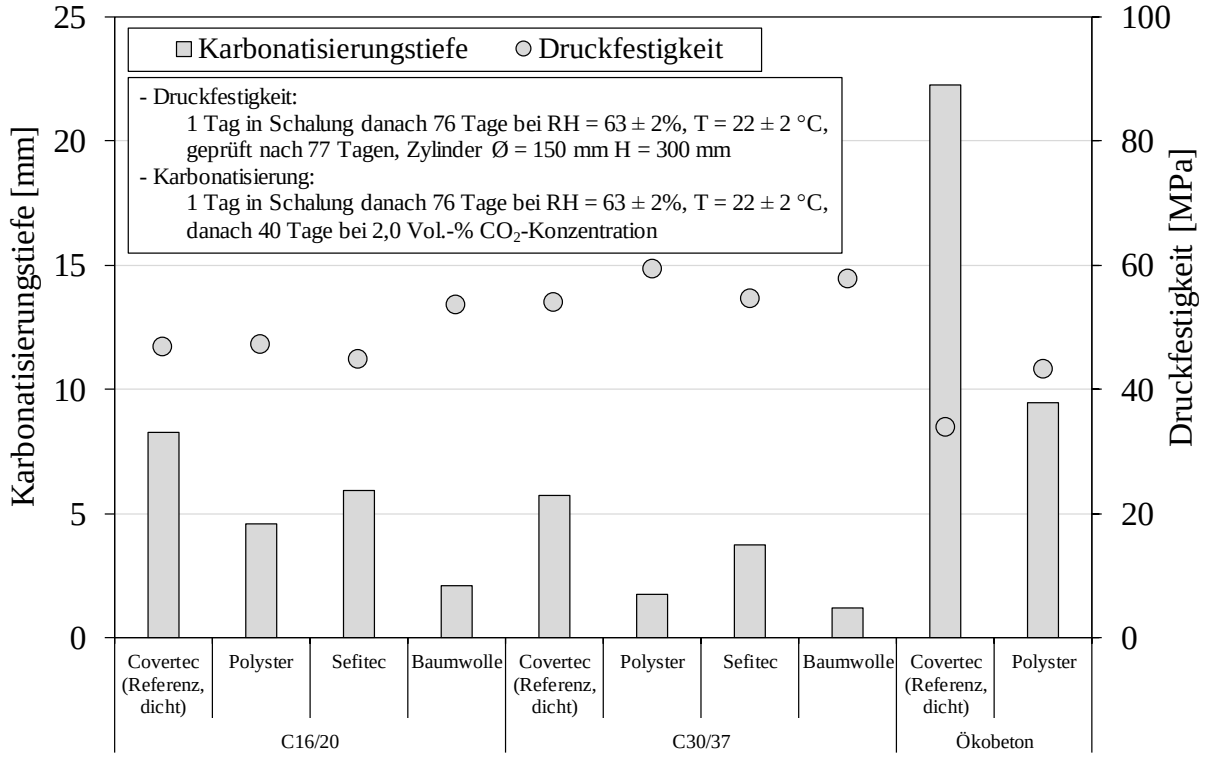


Abbildung 1: Einfluss der Textilien auf den Karbonatisierungswiderstand und die Druckfestigkeit von Beton

EINFLUSS DER LUFTFEUCHTE AUF DIE KARBONATISIERUNG VON ETTRINGIT, PORTLANDIT UND C-S-H-PHASEN

Sarah Steiner, Tilo Proske

Das Karbonatisierungsverhalten von Ettringit, Portlandit und Calcium-Silikat-Hydraten (C-S-H) beeinflusst signifikant verschiedene Dauerhaftigkeitseigenschaften von Beton, wie z. B. die karbonatisierungsinduzierte Bewehrungskorrosion. Dabei haben die vorherrschenden Feuchtebedingungen signifikante Auswirkungen auf den Karbonatisierungsverlauf. Vor diesem Hintergrund wurde der Einfluss der relativen Luftfeuchte auf das Karbonatisierungsverhalten einzelner Hydratphasen untersucht.

Für die Untersuchungen wurden C-S-H Phasen mit initialen Ca/Si Verhältnissen von 0,7, 1,2 sowie 1,6 unter Verwendung von Mikrosilica und Calciumoxid synthetisiert. Das pulverförmige Probenmaterial (C-S-H-Phasen sowie Ettringit und Portlandit) wurde in runde Behälter mit einem Durchmesser von 12 mm und einer Tiefe von 3 mm eingewogen. Die Karbonatisierung erfolgte in Klimaschränken bei 20°C, einer relativen Luftfeuchte (r.F.) von 57 % und unter einer 1 vol.-%igen CO_2-Atmosphäre über einen Zeitraum von 1, 4, 7, 28, 95 und 183 Tagen. Zusätzlich wurden Proben bei 91 % r.F. und 1 Vol.-% CO_2 über 1, 4, 7 und 28 Tage eingelagert. Um den Einfluss von wechselnden Feuchtebedingungen zu untersuchen, wurden zudem Proben, die bereits 183 Tage bei 57 % r.F. karbonatisierten für weitere 21 Tage einer Atmosphäre mit 1 Vol.-% CO_2 und 91 % r.F. ausgesetzt.

Die Analysen der Proben umfassten Röntgendiffraktometrie (XRD), Fourier-Transformations-Infrarotspektroskopie (FT-IR) und Thermogravimetrie (TGA). Die Quantifizierung des $CaCO_3$-Gehaltes aus den TGA Daten erfolgte mittels des Tangentialverfahrens.

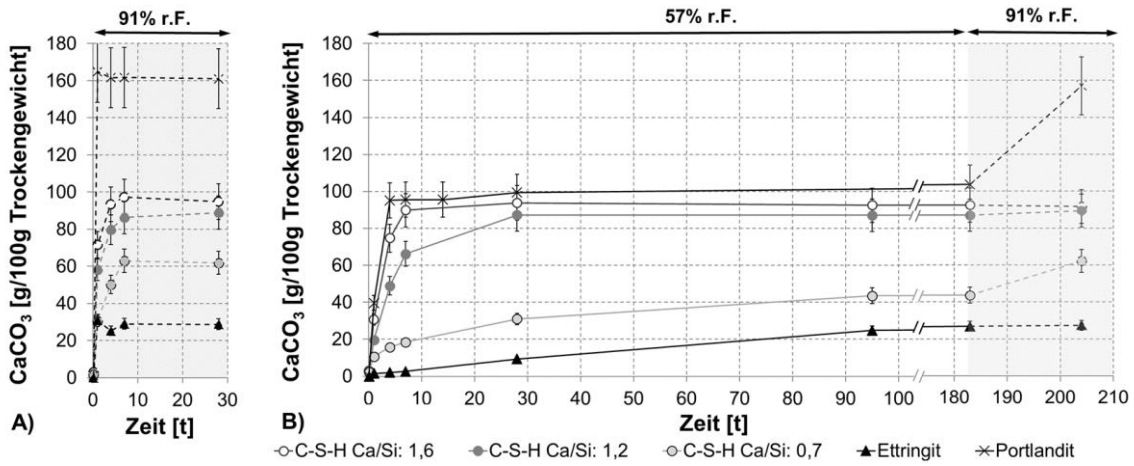


Abbildung 1: $CaCO_3$-Bildung während der Karbonatisierung von Ettringit, Portlandit und C-S-H-Phasen bei 1 Vol.-% CO_2, 91 % r.F. (A) und 57 % r.F. (B).

Abbildung 1 zeigt die aus den TGA-Daten ermittelten Mengen an $CaCO_3$ in Abhängigkeit der Karbonatisierungsdauer. Generell zeigten die Messungen bei 91 % r.F. (Fig. 1A) höhere Reaktionsraten gegenüber 57 % r. F. (Fig. 1B). Portlandit verzeichnete bei 57 % r.F. eine nur partielle Karbonatisierung im Untersuchungszeitraum, während bei 91 % r.F. bereits nach einem Tag das gesamte Material weitestgehend karbonatisiert war (vgl. Abb. 1A). Die Messungen an Ettringit wiesen bei Luftfeuchten von 91% r.F. eine rasche (Abb. 1B) und vollständige Karbonatisierung auf, während die Reaktion bei 57 % r.F. durch eine deutlich langsamere Reaktionsrate gekennzeichnet ist (Abb. 1A). Bei den C-S-H Phasen beschleunigten hohe relative Luftfeuchten die Karbonatisierung, wobei die Reaktionsraten der C-S-H Phasen mit sinkendem Ca/Si-Verhältnis abnahmen. Der Einfluss der relativen Luftfeuchte war insbesondere bei C-S-H mit initialem Ca/Si-Verhältnis von 0,7 auffällig. Der ermittelte Massenanteil von $CaCO_3$ blieb ab einer Expositionszeit von 92 Tagen unter 57 % r.F. annähernd konstant. Die Umlagerung der Proben in eine Atmosphäre mit hoher Luftfeuchte (91 % r.F.) bewirkte einen abrupten Anstieg der Reaktionsrate (Abb 1A). C-S-H-Phasen mit initialem Ca/Si von 1,6 und 1,2 waren hingegen sowohl bei 57 % r.F. als auch bei 91 % r.F. nach 28 Tagen annähernd vollständig mit CO_2 reagiert.

2.4 FORSCHUNGSFELD: ENERGIE UND NACHHALTIGKEIT

Forschungsgebiet: Energieforschung

Die Bundesregierung hat sich bis zum Jahr 2050 ambitionierte Klimaschutzziele gesetzt: Mindestens 80 % des deutschen Bruttostromverbrauchs und 60 % des Bruttoendenergieverbrauchs sollen durch erneuerbare Energien gedeckt werden. Gebäude nehmen bei diesem Vorhaben eine Schlüsselrolle ein, denn der Gebäudebestand steht nicht nur für ein Viertel des jährlichen Endenergieverbrauchs, sondern bildet ebenso eine zentrale Schnittstelle zwischen dem Strom-, Wärme- und Mobilitätssektor. Vor allem im Quartiersverbund können innovative Energietechnologien effizient, umweltverträglich sowie wirtschaftlich eingesetzt werden und zu einer verstärkten Kopplung der drei Sektoren führen.

Das Institut für Massivbau leistet einen essentiellen Beitrag für das Energiesystem von morgen, bspw. durch die zeitlich hoch aufgelöste Abbildung von Energiebedarfen, dynamische Simulation von Energiekonzepten oder Entwicklung von Strategien zur sinnvollen Verwertung von Energieüberschüssen.

Forschungsgebiet: Nachhaltigkeit im Bauwesen

Vor dem Hintergrund der fortschreitenden Zerstörung unserer Umwelt gewinnen Aspekte einer nachhaltigen und dauerhaft umweltgerechten Entwicklung zunehmend an Bedeutung. Das Gebiet des Bauwesens stellt in diesem Zusammenhang ein großes Entwicklungspotential. Faktoren, wie eine hohe Ressourcenbindung, komplexe Emissionen und in der Praxis noch oft vorherrschende eingeschränkte Anwendung der integralen Planung sind nur einzelne Elemente eines weiten Handlungsfelds, das gleichermaßen von ökonomischer, ökologischer und sozialer Bedeutung ist.

Die Forschung auf dem Gebiet der nachhaltigen Entwicklung gehört seit 1997 zu den zentralen Arbeitsfeldern des Instituts für Massivbau. Zur Durchführung einer ganzheitlichen Analyse und Beurteilung von Bauwerken über ihren gesamten Lebenszyklus hinweg wurden in den vergangenen Jahren eine Reihe an Softwaretools entwickelt. Von der Planungs-, über die Erstellungs- zur Betriebs- und Entsorgungsphase können somit alle relevanten ökonomischen und ökologischen Merkmale eines Bauwerks über den Gebäudelebenszyklus erfasst und bewertet werden.

ÖKOLOGISCHE UND ÖKONOMISCHE BEWERTUNG VON BATTERIEBETRIEBENEN FAHRZEUGEN

Marleen Fischer

Der fortgeschrittene Klimawandel kann durch die Verringerung der Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) gestoppt werden. Zukunftsszenarien, wie in der Studie „Klimapfade für Deutschland“ veröffentlicht (1), sehen große Einsparpotenziale im Einsatz batteriebetriebener Fahrzeuge (Battery Electric Vehicle – BEV): Für das Jahr 2050 wird ein 73 prozentiger Anteil von Elektrofahrzeugen am Fahrzeugbestand prognostiziert, von denen etwa zweidrittel über einen batteriebetriebenen Antrieb verfügen sollen. Unklar ist allerdings, ob das Fortbewegen mithilfe des heutigen Strom-Mix tatsächlich einen ökologischen Vorteil gegenüber konventionellen Fahrzeugen aufweist. Des Weiteren ist die emissionsintensive Herstellung der zusätzlich benötigten Batterien zu beachten. Vor diesem Hintergrund wird eine ökologische Analyse über die Herstellung und den Betrieb von BEVs sowie zusätzlich eine ökonomische Untersuchung bzgl. der Verbrauchskosten durchgeführt. Im Rahmen der Untersuchungen werden die THG-Emissionen, Anschaffungs- sowie laufende Kosten eines batteriebetriebenen Kleinwagens des Typs Renault ZOE mit denen eines Benziners des Typs Renault CLIO (73 PS) sowie einem Dieselfahrzeug Renault CLIO (90 PS) verglichen.

Tabelle 1: Übersicht der Kraftfahrzeuge nach Herstellerangaben (2), (3)

	Renault ZOE	**Renault CLIO Benzin**	**Renault CLIO Diesel**
Verbrauch	13,0 kWh/100 km	5,6 l/100 km	3,5 l/100 km
Treibstoffkosten	0,27 €/kWh	1,43 €/l zzgl. Inflation	1,25 €/l zzgl. Inflation
THG-Emissionen			
Betrieb	64 g CO_2-Äq./km	235 g CO_2-Äq./km	178 g CO_2-Äq./km
Herstellung Motor	248 kg CO_2-Äq.	1.087 kg CO_2-Äq.	1.269 kg CO_2-Äq.
Herstellung Batterie	10.988 kg CO_2-Äq.	-	-
Anschaffungskosten			
Fahrzeug	29.900 €	11.990 €	17.290 €
Batterie	8.000 €	-	-

Tabelle 1 bietet eine Übersicht über die untersuchten Kraftfahrzeugtypen. Sowohl bei der ökologischen als auch ökonomischen Analyse wird eine maximale Fahrleistung von 200.000 km unterstellt. Abbildung 1 zeigt auf der linken Seite die Ergebnisse der ökologischen Untersuchung. Diese ergibt, dass sich mit dem derzeitigen Strom-Mix das batteriebetriebene Fahrzeug nach 59.500 gefahrenen Kilometern gegenüber einem Benzinfahrzeug amortisiert. Aufgrund eines Batteriewechsels nach 160.000 km erfolgt die tatsächliche Amortisation gegenüber dem Dieselfahrzeug erst nach etwa 186.000 km. Die ökonomische Analyse hat ergeben, dass die Fortbewegung mit einem BEV weitaus höhere Investitionskosten als bei einem konventionellen Antrieb aufweist (vgl. Abbildung 1, rechts). Trotz der geringeren laufenden Kosten ist während des gesamten Betrachtungsrahmens keine Amortisation durch das batteriebetriebene Fahrzeug möglich. Für den Fall, dass der Batteriewechsel innerhalb der festgeschriebenen Garantiezeit von 8 Jahren (< 160.000 km) erfolgt, kann der sprunghafte Anstieg bei 160.000 km minimiert werden; das *Fahren mit Strom* bleibt dennoch am kostenintensivsten.

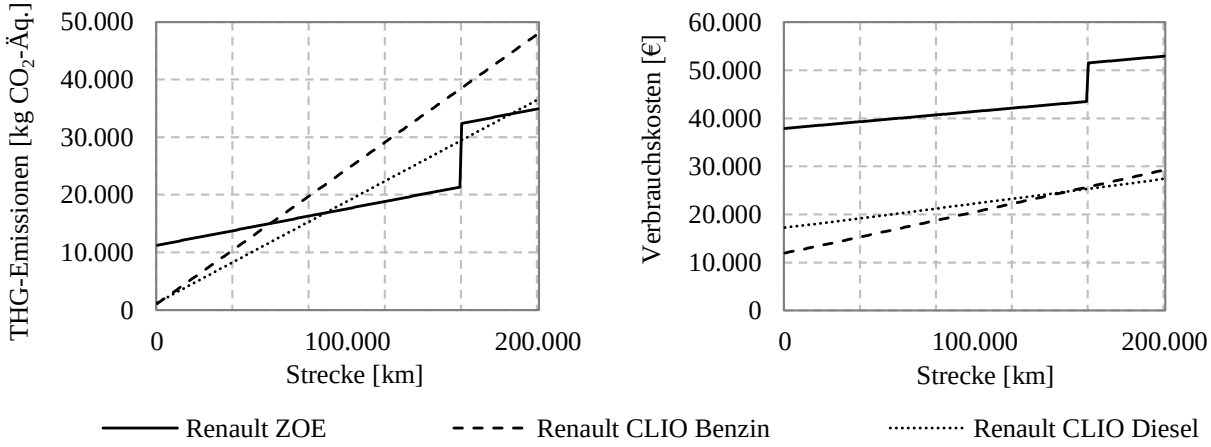


Abbildung 1: THG-Emissionen (li.) und Verbrauchskosten (re.) eines batteriebetriebenen Kleinkraftwagens im Vergleich zu einem Benzin- und einem Dieselkraftwagen

(1) Gerbert, P.; Herhold, P.; Burchardt, J.; Schönberger, S.; Rechenmacher, F; Kirchner, A.; Kemmler, A. und Wünsch, M. (2018): Klimapfade für Deutschland. BCG und Prognos (Hrsg.).

(2) BMI (2017): ÖKOBAUDAT 2017-I. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (Hrsg.), Berlin.

(3) MWV (2018): Verbraucherpreise. Mineralölwirtschaftsverband e.V. (Hrsg.), Berlin.

POTENZIALE ENERGETISCHER MODERNISIERUNG IM DEUTSCHEN GEBÄUDEBESTAND

André Müller

Die Bundesregierung verfolgt das Ziel bis 2050 den Ausstoß klimaschädlicher Treibhausgase im Vergleich zum Basisjahr 1990 um 80 bis 95 % zu reduzieren und im Rahmen dessen eine Verringerung der durch den Wärmebedarf von Gebäuden verursachten Treibhausgasemissionen um 80 % zu erreichen. Rund 93 % des Wohngebäudebestandes wurden vor der Energieeinsparverordnung von 2002 errichtet und weisen damit keinen oder einen heute als ineffizient zu bezeichnenden Wärmeschutzstandard auf. Auch die Struktur der Heizwärmeversorgung in diesen Gebäuden beruht heute und auch in den kommenden beiden Jahrzehnten[1] vornehmlich auf der Verbrennung fossiler Energieträger. (1), (2)

Zwar benennt die Effizienzstrategie der Bundesregierung das Ziel die Sanierungsrate, sprich den Anteil an Bestandsgebäuden, der aus energetischer Sicht erstmalig eine Modernisierung erfährt, von ca. 1 auf 2 % zu verdoppeln – eine signifikante Steigerung dieser Sanierungsrate ist zurzeit allerdings nicht zu beobachten. Untersucht wurden deshalb die Potenziale zum Klimaschutz durch energetische Modernisierung im Rahmen von stufenweisen Modernisierungen der Altbauten von vor 1979. Die Grundlage ist die Modellierung von generischen Gebäuden der Baualtersklassen von 1949 bis 1979 gemäß der Baukonstruktion von Beispielgebäuden aus der Gebäudetypologie des Instituts für Wohnen und Umwelt mit dem dynamischen Simulationsprogramm IDA ICE und die Berechnung des Wärmebedarfs.

[1] Die Lebensdauer eines heute installierten Heizwärmeerzeugers kann mit 20 Jahren angenommen werden.

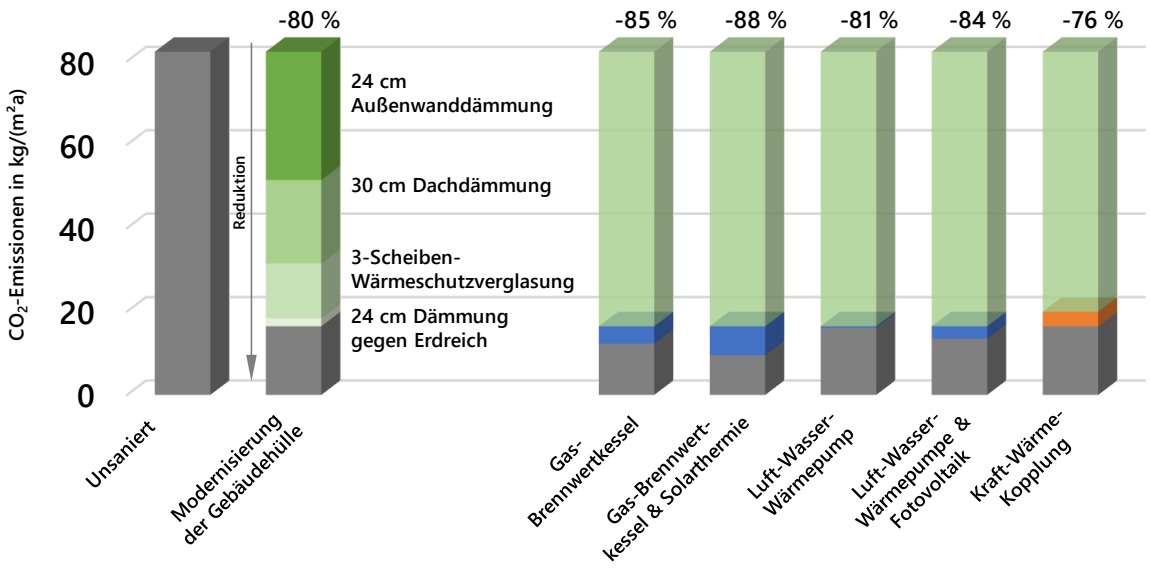


Abbildung 1: Mögliche CO_2-Einsparungen durch energetische Modernisierung eines generischen Einfamilienhauses der Baualtersklasse 1958-68

Abbildung 1 zeigt beispielhaft die CO_2-Einsparung eines Einfamilienhauses der Baualtersklasse 1958-68. Die Ergebnisse der Gebäudesimulation zeigen die Potenziale zur Reduktion von Treibhausgasemissionen durch eine anspruchsvolle energetische Modernisierung – auch mit stufenweiser Umsetzung der Maßnahmen (links). Die Bewertung der Wärmeerzeuger zeigt dabei, dass heutige Bilanz-Randbedingungen zu z.T. unterschiedlichen Ergebnissen führen. Insgesamt ist aber ersichtlich, dass aus technischer Sicht eine Zielerreichung möglich ist.

Danksagung: Die dynamische Gebäudesimulation und deren Auswertung erfolgte im Rahmen einer interdisziplinären Masterthesis durch Julian Redelbach.

(1) dena (2016): dena-Gebäudereport. Statistiken und Analysen zur Energieeffizienz im Gebäudebestand. Deutsche Energieagentur GmbH (dena), Berlin, 2016.

(2) Diefenbach, N.; Cischinsky, H.; Rodenfels, M.; Clausnitzer, K.-D. (2010): Datenbasis Gebäudebestand. Institut Wohnen und Umwelt, Bremer Energieinstitut, Darmstadt/Bremen, 2010.

ENTWICKLUNG DYNAMISCHER EMISSIONSFAKTOREN FÜR DEN DEUTSCHEN STROM-MIX

Patrick Wörner, André Müller

Im Zuge der Energiewende leisten volatil einspeisende Windkraft- und Photovoltaikanlagen einen wesentlichen Beitrag zur Stromerzeugung in Deutschland. Ihre vergleichsweise geringen spezifischen Treibhausgasemissionen über den Lebenszyklus zeigen sich unter anderem in einer kontinuierlichen Anpassung der CO_2- bzw. Treibhausgasfaktoren für den deutschen Strom-Mix, die als statische Eingangsgrößen in die ökologische Analyse und Bewertung von Produkten und Prozessen einfließen. Zur Beurteilung innovativer und elektrifizierter Energieversorgungskonzepte ist die derzeit gängige Berechnung auf Basis des Jahresendenergiebedarfs jedoch wenig zielführend, da sie den fluktuierenden Charakter regenerativer Energien nur unzureichend berücksichtigt. Mithilfe einer entwickelten Methodik lassen sich nun dynamische Emissionsfaktoren für den deutschen Strom-Mix in viertelstündlicher zeitlicher Auflösung generieren. Hierfür werden frei zugängliche Stromerzeugungszeitreihen (1) aufbereitet, in einem mehrstufigen Prozess an die Ergebnisse nationaler Strombilanzen angeglichen und abschließend über ökobilanzielle Berechnungen in zeitvariable Emissionsfaktoren überführt. Für das Jahr 2017 stehen somit dynamische CO_2- und Treibhausgasfaktoren sowohl mit als auch ohne Berücksichtigung von Vorketten, z. B. aus der Brennstoffbereitstellung und Herstellung von Stromerzeugungsanlagen, sowie mit unterschiedlichen Bezugsgrößen je nach Anwendungszweck zur Verfügung.

Abbildung 1 veranschaulicht anhand der modifizierten Erzeugungszeitreihe im Dezember 2017 die Relevanz zeitvariabler Emissionsfaktoren. Aufgrund der Einspeisung von Wind- und Solarenergie weist der Strom-Mix eine signifikante tages- und tageszeitabhängige Dynamik auf, die sich auch in den zeitvariablen Emissionen widerspiegelt. Der CO_2-Ausstoß liegt zwischenzeitlich sowohl über als auch unter dem statischen jährlichen Mittelwert.

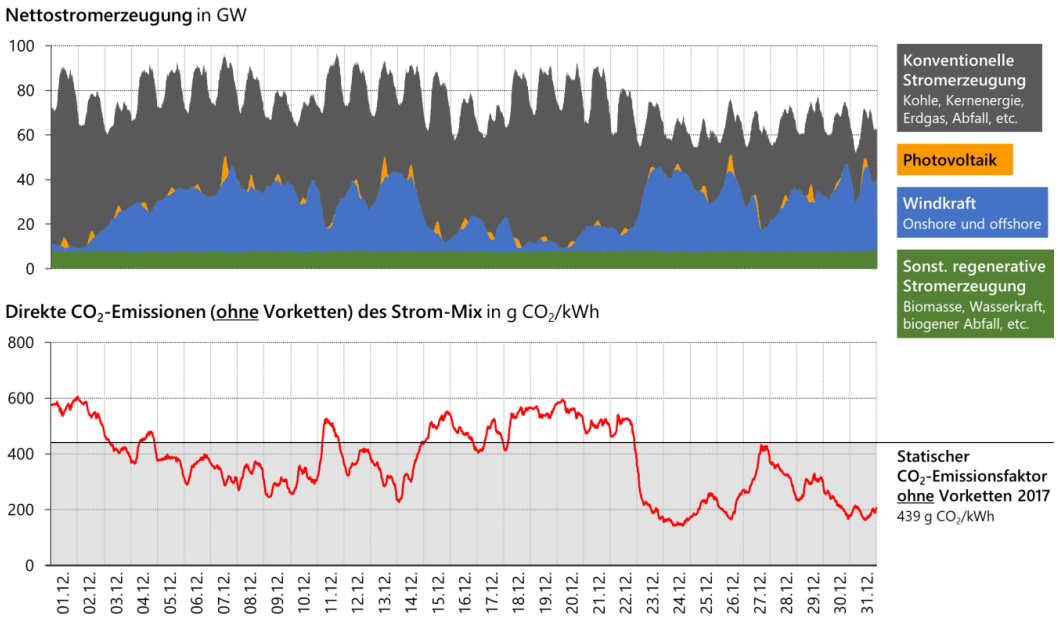


Abbildung 1: Stromerzeugung und dynamische CO_2-Emissionsfaktoren im Dezember 2017

In einem Anwendungsbeispiel werden die generierten Emissionsfaktoren als externes Signal in eine Wärmepumpenregelung integriert. Dynamische Gebäudesimulationen zeigen, dass durch die optimierte Heizwärmebereitstellung zu Zeiten niedriger CO_2-Intensität im Strom-Mix eine deutliche Reduktion der Emissionen von 12 % möglich ist. (2) Die Schwankungen des Emissionsfaktors erlauben es demnach auch in der Heizperiode, Potenziale aus der Volatilität regenerativer Stromerzeugung abschöpfen und daneben einen Beitrag zur Netzstabilität leisten zu können. Wie Abbildung 1 bereits erahnen lässt, bliebe das Einsparpotenzial bei Anwendung des üblichen Bewertungsverfahrens mittels statischer Emissionsfaktoren gegebenenfalls unerkannt. Die Implementierung dynamischer CO_2- und Treibhausgasfaktoren erscheint daher als eine sinnvolle oder gar erforderliche Rahmenbedingung für die zielgerichtete Marktdurchdringung innovativer, elektrifizierter Energieversorgungstechnologien.

(1) ENTSO-E (2019): Transparency Platform. European Network of Transmission System Operators for Electricity, Brüssel, URL: https://transparency.entsoe.eu

(2) Wörner, P.; Müller, A.; Sauerwein, D. (2019): Dynamische CO_2-Emissionsfaktoren für den deutschen Strom-Mix. In: *Bauphysik, 41* (1), Berlin: Ernst & Sohn [noch nicht veröffentlicht].