DARMSTADT CONCRETE

Vol. 29, 2014

INHALT

Editorial i

Jahresrückblick iv

Konstruktion und Entwurf

BEMESSUNG VON MAUERWERK MIT HILFSMITTELN 1
Valentin Förster, Carl-Alexander Graubner

FRISCHBETONDRUCK BEI GENEIGTEN SCHALUNGSSYSTEMEN – SIMULATION DURCH FE-BERECHNUNG 3
Björn Freund, Carl-Alexander Graubner

VERKEHRSSIMULATIONEN MIT „AISPROC“ AN INTEGRALEN STRAßENBRÜCKEN 5
Jaroslav Kohoutek, Ngoc Linh Tran, Carolin Bieker

MEMBRANDRUCKSPANNUNGEN IN NICHTTRAGENDEN MAUERWERKSWÄNDEN – EIN PHÄNOMEN THEORIE III. ORDNUNG 7
Michael Schmitt

NUMERISCHE MODELLIERUNG DES TRAGVERHALTENS VON FASERBETONTRAGWERKEN 9
Ngoc Linh Tran, Ulf Grziwa

Werkstoffe

EIN NEUER ANSATZ FÜR DIE HERSTELLUNG MINERALISIERTER SCHÄUME 11
Albrecht Gilka-Bötzow

EINFLUSS VON SCHAUMBILDNERN AUF DEN VERLAUF DER ZEMENTHYDRATATION 13
Albrecht Gilka-Bötzow, Fabian Fink, Harald Garrecht

EINFLUSS DER FASERVERTEILUNG UND FASER-ORIENTIERUNG AUF DAS MATERIALVERHALTEN VON ULTRAHOCHFESTEM FASERBETON 15
Ulf Grziwa, Carl-Alexander Graubner

EINFLUSS EINER NACHTRÄGLICHEN FEUCHTEZUFUHR AUF DIE DRUCKFESTIGKEIT VON BETON 17
Stefan Hainer, Tilo Proske

ZEMENTE MIT REDUZIERTER UMWELTWIRKUNG BEI EFFIZIENTEM EINSATZ VON HÜTTENSAND 19
Moien Rezvani, Stefan Hainer, Tilo Proske, Carl-Alexander Graubner

CHARAKTERISIERUNG DER PORENSTRUKTUR VON LEICHTEN GESTEINSKÖRNUNGEN AUS WASCHSCHLAMM 21
Svetlana Volland, Olga Kazmina, Vladimir Vereshchagin

Nachhaltigkeit & Facility Management

ENERGIEEFFIZIENZ UND BEHAGLICHKEIT VON BESTANDSBAUTEN (1920-2000) IM KONTEXT NORMATIVER UND GESETZLICHER REGELUNGEN 23
David Bewersdorff, Gerd Simsch

ENERGETISCHE SANIERUNG IM WOHNUNGSBAU – EFFIZIENTE BEHAGLICHKEIT 25
David Bewersdorff, Gerd Simsch

RESSOURCENEFFIZIENZ IM BAUWESEN 27
Katharina Fritz, Carl-Alexander Graubner

NEUES ZERTIFIZIERUNGSSYSTEM FÜR NACHHALTIGKEIT IM GEBÄUDEBETRIEB 29
Sebastian Pohl, Carl-Alexander Graubner

SPANNUNGSFELD VON ÖKOBILANZVERFAHREN IM DEUTSCHEN GÜTESIEGEL NACHHALTIGES BAUEN 31
Sebastian Pohl

„PRE-CHECK“-SYSTEMATIK ZUR NACHHALTIGKEITS-BEWERTUNG VON STRAßENBRÜCKEN IN FRÜHEN PLANUNGSPHASEN 33
Peter Ramge, Carl-Alexander Graubner

EINFLUSS DER FLEXIBILITÄT AUF DIE LEBENSZYKLUSKOSTEN VON INDUSTRIEBAUTEN 35
Gökhan Uysal, Carl-Alexander Graubner

ANWENDUNG DER METHODEN LEBENSZYKLUSKOSTENRECHNUNG UND ÖKOBILANZIERUNG FÜR PLUS-ENERGIE-HÄUSER 37
Claudia Weißmann

Studentische Aktivitäten

PFINGSTEXKURSION NACH DÜSSELDORF UND UMGEBUNG 39
Jochen Zeier, Peter Ramge

Bisher erschienene Ausgaben

Eine Übersicht der bisher erschienen Ausgaben ist unter www.darmstadt-concrete.de zu finden.

EDITORIAL

Liebe Freunde und Partner des Instituts für Massivbau,
Sehr geehrte Damen und Herren,

mit der aktuellen 29. Ausgabe von „Darmstadt Concrete“ möchten wir Sie auch 2014 in guter Tradition rechtzeitig zum Jahreswechsel über die Aktivitäten in Forschung, Lehre und Gremienarbeit unseres Instituts im zurückliegenden Jahr informieren und damit Gelegenheit zum Nachlesen, Nachdenken und Nachfragen geben. Aber auch grundsätzliche Informationen und wesentliche Entscheidungen für die zukünftige Arbeit am und im Institut sind zu berichten. Beginnen wir mit einem noch sehr aktuellen, sehr erfreulichen Ereignis.

Das Berufungsverfahren für das seit Frühjahr 2012 unbesetzte Fachgebiet „Werkstoffe im Bauwesen“ konnte im Herbst 2014 erfolgreich abgeschlossen werden. Herr Prof. Dr.-Ir. E.A.B. Koenders hat den Ruf an die TU Darmstadt zum 01. November angenommen. Wir begrüßen Ihn sehr herzlich an unserem Institut und wünschen Ihm viel Erfolg in Forschung und Lehre. Unser ausdrücklicher Dank geht aber auch insbesondere an die Mitarbeiter des Fachgebietes, die in der Zeit der Vakanz den Lehrbetrieb erfolgreich aufrechterhalten haben.

Das Forschungs- und Prüflabor am Institut für Massivbau wurde in der Zeit der Vakanz - wie auch bereits 2013 - von Herrn Prof. Graubner alleinig geleitet. Er wurde dabei von den langjährigen Mitarbeitern Dr.-Ing. K.-H. Lieberum und Dr.-Ing. T. Proske wirkungsvoll unterstützt.

Die in 2014 durchgeführte Reakkreditierung aller Studiengänge des Fachbereichs Bau- und Umweltingenieurwissenschaften konnte erfolgreich durchgeführt werden. Unter anderem wurden die engagierte Zusammenarbeit innerhalb des Fachbereiches, die sehr gut strukturierten Unterlagen sowie das vorbildliche Projektstudium im Rahmen der Abschlussgespräche besonders positiv hervorgehoben.

Dieser Jahresrückblick soll 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 in den Sekretariaten, im Technischen Dienst und in den Laboren ihre Aufgaben und Projekte angehen, wären die Leistungen und Erfolge unseres Institutes in 2014 nicht denkbar gewesen. Wir beglückwünschen Herrn Dr. Pohl, der seine Forschungsarbeit mit der erfolgreichen Verteidigung seiner

Dissertationsschrift abschließen konnte und begrüßen alle „Neuankömmlinge“ auf das Herzlichste.

Um Ihnen, unseren Freunden und Partnern, neben unserem Dank für Ihre Unterstützung den gewohnten Einblick in unsere wissenschaftlichen Arbeiten zu gewähren, finden Sie – wie in den letzten Jahren – Kurzberichte unserer Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler über laufende Forschungsarbeiten und Entwicklungsprojekte sowohl in deutscher als auch in englischer Sprache.

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 und die Studierenden nicht hätte stattfinden können. Namentlich gedankt sei an dieser Stelle dem Vorstandsvorsitzenden Herrn Dr.-Ing. Six und den Vorstandsmitgliedern Frau Dr.-Ing. Klemt-Albert und Herrn Dipl.-Ing. Hanek für Ihre stetige und wohlwollende Unterstützung und die uns in vielfältiger Art und Weise beraten und fördern.

Die Forschungserfolge des vergangenen Jahres, die erfolgreiche Besetzung des Fachgebietes „Werkstoffe im Bauwesen“, die hohe Beteiligung der Studierenden an unseren Lehrveranstaltungen und die hohe Akzeptanz und auch das Engagement unserer Studierenden lassen uns positiv in die Zukunft blicken.

Wir wünschen Ihnen und Ihren Angehörigen im Namen des gesamten Institutes besinnliche und fröhliche Weihnachtsfeiertage sowie einen guten Rutsch und einen guten Start für all Ihre Unternehmungen im Neuen Jahr.

Prof. Dr.-Ing. Carl-Alexander Graubner

Prof. Dr.-Ir. E.A.B. Koenders

Prof. Dr.-Ing. Gerd Simsch

JAHRESRÜCKBLICK

PROFESSUR „WERKSTOFFE IM BAUWESEN“



Mit Wirkung vom 01.11.2014 hat Herr Prof. Dr.ir. Eddie Koenders den Ruf, die Leitung des Fachgebietes „Werkstoffe im Bauwesen“ zu übernehmen, angenommen. Ziel ist es, das Fachgebiet zu leiten und weiter zu entwickeln und Lösungen für die großen anstehenden Fragen, z.B. Reduzierung von Energieverbräuchen, Wiederbenutzung der Rohstoffe und Minimalisierung der CO2-Emissionen zu finden. Diese aktuellen und zukünftigen Themen beeinflussen und verstärken die Randbedingungen und Anforderungen, in denen wir die Baustoffe für unsere Zukunft entwickeln und herstellen müssen.

Lehre und Forschung bieten uns die Möglichkeiten, um zusammen mit Studenten, Wissenschaftlichen Mitarbeitern und Kollegen der Professorenschaft hochwertige Innovationen zu entwickeln, die durch Unternehmen geprüft, benutzt und implementiert werden können. Eine starke Kooperation zwischen den Unternehmen und Forschern ist dabei unentbehrlich.

Forschungsrichtungen und Technologien, die uns zu Verfügung stehen, erreichen und zielen in zunehmender Maße ab auf niedrigere Skalen. Es werden immer mehr technologische Lösungen durch Forschungen in Mikro- und Nanobereichen gefunden. Hochwertige numerische und experimentale Ausstattungen ermöglichen dies und können dazu beitragen, Antworten auf wichtige zukünftige Fragen wie zum Beispiel das Quantifizieren des Lebensdauerverhaltens nachhaltiger Materialien, das Entwickeln von umweltfreundlichen und nachhaltigen Zementsorten, und das Feststellen der aktuellen und der Restlebensdauer von bestehenden und neuen Infrastrukturkonstruktionen wie Brücken, Tunnel, usw. zu finden. Neue Forschungsinitiativen wie Selbstheilende Betone oder Bio-inspirierte Materialentwicklungen können hier vielleicht auch einen Beitrage liefern.

Herr Prof. Koenders studierte Bauingenieurwesen und Offshore Technologie an der Technischen Universität Delft in den Niederlanden und promovierte im Jahr 1997 auf dem Gebiet des Numerischen Modellierens und Schwindens des Hochfesten Betons an der Fakultät für Civiele Techniek. Danach war er fünf Jahre als Projekt- und

Innovationsmanager in einem großen Offshore- und Bauunternehmen in den Niederlanden tätig. Ab 2003 war er an der Technischen Universität Delft als Wissenschaftlicher Mitarbeiter beschäftigt und leitete viele Forschungsprojekte, u.a. das Abplatzen von Betonen durch Feuereinwirkung, Dauerhaftigkeit von Infrastruktur, das Modellieren des Hydratationsprozesses nachhaltiger Zementsysteme und die Entwicklung von Modellen zur Berechnung der mechanischen Eigenschaften von Betonen mit rezyklierten Gesteinskörnungen. Von 2011 bis 2014 war Herr Prof. Koenders als Visiting Professor an der Bundesuniversität von Rio de Janeiro (UFRJ) am NUMATS Centrum für Nachhaltige und Dauerhafte Materialentwicklung für das Bauwesen tätig.

SEMINARE UND VERANSTALTUNGEN

Darmstädter Betonfertigteiltage

In Zusammenarbeit mit der Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau e. V. und der Beton Marketing West GmbH fand auch im Jahr 2014 die beliebte 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 Stabilitätsbetrachtungen wie z. B. Kippen, bis hin zur Bemessung und Konstruktion von Verbindungen referiert. Es konnten insgesamt über 350 Tragwerksplaner und Studierende zu der Seminarreihe begrüßt werden. Die Seminare wurden durch eine Fachausstellung namhafter Hersteller von Bauprodukten rund um das Thema Fertigteilbau ergänzt.

Aufgrund der positiven Resonanz des Vorjahres werden wir auch wieder im kommenden Jahr 2015 die Seminarreihe mit interessanten Fachvorträgen, Praxisbeispielen und der gefragten Fachausstellung anbieten. Wir hoffen mit der Kombination von interessanten Themen und namhaften Referenten aus Wissenschaft und Praxis wieder viele Ingenieure und Studierende ansprechen zu können. Die Themen für die kommende Seminarreihe im Frühling 2015 stehen bereits fest:

- Entwerfen, Fertigung und Gestaltung | 19.03.2015
- Vordimensionierung und Vorspannung | 20.03.2015
- Berechnung und Beton | 26.03.2015
- Verbindungen: Konstruktion und Bemessung | 27.03.2015

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. An dem ersten Seminartag wird ein besonderes Augenmerk auf die Gestaltungsmöglichkeiten mit Betonfertigteilen wie z. B. Fotobeton gelegt, so dass auch Architekten und Studierende der Architektur angesprochen werden.

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

Weiterbildung für Tragwerksplaner- Aus der Praxis für die Praxis –

Im Jahr 2014 hat das Fachgebiet für Massivbau wiederum zu der Seminarreihe „Weiterbildung für Tragwerksplaner – Aus der Praxis für die Praxis“ eingeladen. Es konnten über das gesamte Jahr circa 500 Tragwerksplaner begrüßt werden. Somit war die Seminarreihe fast voll ausgebucht und bestätigte das Konzept der Veranstaltung. Die Seminarreihe im Jahr 2014 gab einen Überblick über die aktuellen technischen Entwicklungen im Bauwesen. Hierzu wurden im Frühjahr die Themen Stahlfaserbeton, Lastannahmen und Holzbau behandelt. Im Herbst wurden neben den Gerüsten noch typische Bauschäden und die Befestigungstechnik näher beleuchtet. Nachfolgend sind die sechs Einzelveranstaltungen, die sich auf drei Veranstaltungen im Frühjahr und drei Veranstaltungen im Herbst aufteilten, aufgelistet.

- DAfStb-Richtlinie Stahlfaserbeton – Hintergründe | 26.02.2014
- Eurocode 1 (Lastannahmen) – Hintergründe | 12.03.2014
- Eurocode 5 (Holzbau) – Rechenbeispiele | 02.04.2014
- Bemessung und Konstruktion von Arbeits- und Traggerüsten | 17.09.2014
- Bauschäden III | 01.10.2014
- Neues aus der Befestigungstechnik | 08.10.2014

Aufgrund der positiven Resonanz der Vorjahre werden wir auch im kommenden Jahr 2015 die Fortbildungsreihe erneut durchführen. Wir hoffen mit der Kombination von interessanten Themen und namhaften Referenten aus Wissenschaft und Praxis wieder viele Tragwerksplaner ansprechen zu können.

- Bemessung mit Stabwerkmodellen und Spannungsfeldern | 04.03.2015
- Praxisgerechtes Bewehren – Beispiel aus Heft 599 | 11.03.2015
- Grundlagen des Baulichen Brandschutzes | 25.03.2015
- Technische Gebäudeausrüstung und Bauakustik | 16.09.2015
- Brückenbau | 23.09.2015
- Holzbau – Detailnachweise | 07.10.2015

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

37. Darmstädter Massivbauseminar 2014 - „Building Information Modeling - in Planung und Ausführung“

Das 37. Darmstädter Massivbauseminar fand am 12. November 2014 auf dem Campus Lichtwiese der TU Darmstadt statt, dieses Jahr unter dem Titel „Building Information Modeling - in Planung und Ausführung“. Gemeinsam mit namhaften Referenten konnten die Teilnehmer über die neuesten Entwicklungen zum Thema Building Information Modeling (BIM) aus Wissenschaft & Forschung und der nationalen wie internationalen Anwendungspraxis diskutieren.

Der Vorstand des Vereins der Freunde des Instituts für Massivbau der TU Darmstadt e.V. bedankt sich bei allen Beteiligten für ihr hohes Engagement, das zum Erfolg der Veranstaltung maßgeblich beigetragen hat. Ein besonderer Dank gilt dabei natürlich den Referenten und zahlreichen Unterstützern des 37. Darmstädter Massivbauseminars. Nachstehend sind die jeweiligen Referenten und ihre Vortragstitel zusammengestellt:

- Prof. Dr.-Ing. Raimar J. Scherer: Chancen und Anforderungen an BIM
- Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko: Bedeutung von BIM in der baubetrieblichen Hochschulbildung - Ein Erfahrungsbericht
- Dr.-Ing. Katja Hüske: Planung von Eisenbahnprojekten in virtuellen Modellen - Aktuelle Beispiele und Ausblick in die Zukunft
- Dipl.-Ing. Thomas M. Hüster: BIM - Integrale Planung und fachübergreifendes Datenmanagement
- Dipl.-Ing. Nicodemus Jansson: BIM in der Tragwerksplanung
- Dipl.-Ing. Arch. Alar Jost: BIM @ HENN - Praxis und Perspektive
- Dr.-Ing. Matthias Jacob: Vom Dreikant zu 5D - WOLFF & MÜLLER im Wandel durch BIM
- Dipl. Math. (FH) Mark Jäckel: BIM bei Goldbeck

Sommerfest des Vereins der Freunde des Instituts

Am 5. Juni 2014 fand im Anschluss an die Mitgliederversammlung des Vereins der Freunde des Instituts für Massivbau der TU Darmstadt e.V. das traditionelle Sommerfest statt. Nach dem offiziellen Teil konnte der neu gewählte Vereinsvorsitzende Herr Dr. Six im Erdgeschoss des neuen Bauingenieurgebäudes zahlreiche Vereinsmitglieder und Institutsangehörige begrüßen. Versorgt durch Grillgut und Getränke konnten in lockerer Atmosphäre alte Kontakte gepflegt und neue geknüpft werden.

MITWIRKUNG IN GREMIEN

Herr Prof. Graubner ist weiterhin als Obmann des Normungsausschusses NA 005-06-01 AA „Mauerwerksbau“, dem national obersten Gremium in Normungsfragen auf dem Gebiet des Mauerwerksbaus tätig und vertritt die deutschen Interessen auch auf europäischer Ebene. Er bereitet mit diesem Normungsgremium derzeit die für den 1.1.2015 vorgesehene bauaufsichtliche Einführung von DIN EN 1996 vor, welche Bemessung und Konstruktion von Mauerwerk zukünftig anstelle von DIN 1053 normativ regelt. Auf Grund des mit dieser Tätigkeit stark angewachsenen Verantwortungsbereiches hat Prof. Graubner im März 2013 die Obmannschaft des DIN-Ausschusses NA 005-51-01 AA „Grundlagen für Entwurf, Berechnung und Bemessung von Tragwerken“ niedergelegt, ist aber weiterhin als Mitarbeiter in dieses Normungsgremiums tätig, welches sich mit grundlegenden Aspekten der Berechnung und Bemessung von Bauwerken unter Zuverlässigkeitsaspekten beschäftigt. Darüber hinaus ist er gewähltes Mitglied des Normungsausschusses NA 005-07-01 AA „Bemessung und Konstruktion“ des Fachbereichs Beton- und Stahlbetonbau. Schließlich ist Prof. Graubner Mitglied der Beratergruppe des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit zu Fragen des Nachhaltigen Bauens (Runder Tisch „Nachhaltiges Bauen“) und organisiert den Runden Tisch „Ressourceneffizienz im Bauwesen“ des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. Herr Prof. Graubner engagiert sich zudem in der Arbeitsgruppe „Nachhaltigkeitsbewertung der Straßeninfrastruktur“ in der Bundesanstalt für Straßenwesen. Als langjähriges Mitglied bringt er zudem seine Expertise in mehrere Sachverständigenausschüsse des Deutschen Instituts für Bautechnik in Berlin ein.

In Folge der zukünftigen Fokussierung der Gremienarbeit von Prof. Graubner auf das Gebiet des Mauerwerkbaus wurde er bereits 2012 in den Redaktionsbeirat der Zeitschrift „Mauerwerk“ gewählt und fungiert seit 2013 als neuer Mitherausgeber des Standardwerkes „Mauerwerksbau aktuell“, in welchem alljährlich die neuesten Entwicklungen in Forschung und Praxis auf dem Gebiet des Mauerwerksbaus veröffentlicht werden.

Prof. Graubner wurde kürzlich für eine weitere Amtsperiode als Mitglied in die Universitätsversammlung der TU Darmstadt gewählt. Darüber hinaus wirkt er in der Förderinitiative Interdisziplinäre Forschung an der Technischen Universität Darmstadt mit, in der interdisziplinäre Forschungsaktivitäten an der TU Darmstadt gebündelt werden. Gleichzeitig ist er stellvertretender Plattformsprecher „Siedlungsräume“ in der von der Deutschen Forschungsgemeinschaft finanzierten Graduiertenschule „Energy Science and Engineering“.

Prof. Simsch war auch in 2014 als Mitglied des Präsidiums des DIN und als Mitglied der Beiräte NABau und NAGLN im DIN tätig. Darüber hinaus ist er seit mehreren Jahren Mitglied am „Runden Tisch des Nachhaltigen Bauens“ des BMUB und Mitglied im Unterausschuss „Energieeffizienz bei Gebäuden“ des BDI.

Herr Prof. Dr.ir. Eddie Koenders ist Mitglied im Deutschen Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb) und im American Concrete Institute (ACI). Des Weiteren arbeitet er aktiv in den technischen Ausschüssen CMS (Thermal cracking of massive concrete structures), SPF (Spalling of concrete due to fire: testing and modelling) und CCD (Concrete cracking and its relation to durability: Integrating material properties with structural performance) des RILEM mit. Herr Prof. Dr.ir. Eddie Koenders hat zudem den Multi-scale Modelling for Concrete Course (MMC) des RILEM gegründet und ist für dessen Betreuung verantwortlich.

EXKURSIONEN

Massivbrückenexkursion - Baustellenexkursion nach Rheinland-Pfalz

Am Freitag, 18.07.2014, fuhren 38 Studierende sowie 8 wissenschaftliche Mitarbeiter des Fachgebietes Massivbau gemeinsam nach Rheinland-Pfalz. Erste Station der Exkursion war die neue Rheinbrücke in Worms, an der die Teilnehmer/innen im Inneren des Hohlkastens einen umfassenden Überblick über die konstruktiven Details dieser Spannbetonbrücke durch Vertreter des Landesbetriebes Mobilität Trier (LBM) erhielten.



Innenansicht der Nibelungenbrücke (links) und Gruppenbild an der Hochmoselquerung (rechts)

Anschließend bekamen die Exkursionsteilnehmer im Bürgerinformationszentrum des LBM detaillierte Informationen über die Planung und Ausführung der 1,7 km langen Hochmoselbrücke. Auf dem anschließenden Baustellenrundgang gewannen die Exkursionsteilnehmer einen detaillierten Überblick über die Arbeiten an dieser Stahlbrücke mit orthotroper Fahrbahnplatte. Hierbei entwickelten sich zahlreiche interessante Fachgespräche sowie ein intensiver Austausch zwischen den Studierenden und den wissenschaftlichen Mitarbeitern. Diese Exkursion wäre nicht möglich gewesen ohne die finanzielle Unterstützung durch die Freunde des Instituts für Massivbau der TU Darmstadt e.V., wofür sich die Exkursionsteilnehmer herzlich bedanken möchten.

Baustellenexkursion nach Raunheim

Am Dienstag, 17.06.2014, machten sich 16 Studierende gemeinsam mit zwei wissenschaftlichen Mitarbeitern des FG Massivbau auf den Weg nach Raunheim zur Baustelle einer Schrägseilbrücke aus Stahlbeton. Die Straßenbrücke aus Beton C40/50 mit A-förmigem Pylon aus Beton C35/45 überführt die Bahnlinie sowie eine Kreisstraße. Nach einer Einführung in das Projekt erhielten die Teilnehmer detaillierte Informationen u.a. über baubetriebliche Besonderheiten, die Bewehrungsführung sowie die bodengestützte Traggerüstkonstruktion. Auf einem Rundgang über die Baustelle wurden darüber hinaus viele Fragen hinsichtlich des Baus von Übergangskonstruktionen, Brückenkappen sowie zur Vermessung des Pylons und der Schalung beantwortet.

Im Namen der Teilnehmer möchte sich das FG Massivbau an dieser Stelle beim Bauleiter der Fa. Wolff & Müller, Hr. Brugger für die Führung recht herzlich bedanken.



Ansicht der Schrägseilbrücke (links) und Blick auf die Schrägseilbrücke (rechts)

PERSONALIA

Herr Dipl.-Ing. (FH) Andreas Heck M.Eng. beendete in diesem Jahr seine Mitarbeit am Fachgebiet Werkstoffe im Bauwesen und ist nun bei der HECO-Schrauben GmbH & Co. KG im Bereich Produktmanagement tätig. Er beabsichtigt seine Dissertationsschrift im Frühjahr 2015 einzureichen.

Herr Dr.-Ing. Sebastian Pohl wurde in diesem Jahr am Fachbereich Bau- und Umweltingenieurwissenschaften promoviert und wird ab Anfang nächsten Jahres als Prokurist bei der LCEE GmbH tätig sein.





Dipl.-Ing. (FH) Andreas Heck M.Eng. (links) und Dr.-Ing. Sebastian Pohl (rechts)

PROMOTIONEN

Intensive Forschungsarbeit bedarf des außergewöhnlichen Engagements aller Mitarbeiter. Mit der Fertigstellung einer Dissertation dokumentieren die Mitarbeiter die wichtigsten Resultate ihrer wissenschaftlichen Arbeit und den erzielten Erkenntniszugewinn der Forschung. In diesem Jahr dürfen wir nachfolgenden Mitarbeitern des Fachgebiets Massivbau zum erfolgreichen Promotionsabschluss gratulieren:

Dr.-Ing. Sebastian Pohl

NEUE MITARBEITER



Herr **David Bewersdorff** M.Sc. arbeitet seit 1. April 2014 als wissenschaftlicher Mitarbeiter für die Kooperationsprofessur Nachhaltiges Bauen im Bestand am Institut für Massivbau. Er studierte Bauingenieurwesen an der Technischen Universität Darmstadt mit den Schwerpunkten im Bereich Bauphysik und Bauen im Bestand. Sein Forschungsschwerpunkt liegt im Bereich der nachhaltigen Sanierung von Wohngebäuden. Seit 2013 ist er, aufgrund seiner Erfahrungen in Bachelor- und Master-Thesis und umfangreicher universitärer Arbeit, Bauphysiker bei der Bilfinger Bauperformance GmbH Frankfurt mit dem Schwerpunkt Gebäudesimulation. Dabei handelt es sich um die Bereiche Klima-, Licht-, Energie-, Behaglichkeits- und Akustiksimulation.



Frau Dipl.-Ing. **Ines Boß** arbeitet seit dem 1. Juni 2014 als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Fachgebiet Werkstoffe im Bauwesen. Sie studierte Bauingenieurwesen an der Technischen Universität Darmstadt mit der Hauptvertiefungsrichtung Massivbau und beschäftigte sich bereits im Studium mit dem Thema „Werkstoffe im Bauwesen“ sowie der Befestigungstechnik. Ihre Vertieferarbeit verfasste sie zu dem Thema „Sorptionsanalysen an Natursteinen mit Hilfe der dynamischen Wasserdampfdiffusion“, im März 2014 schloss sie ihr Studium mit ihrer Diplomarbeit zu dem Thema „Qualitative und quantitative Ermittlung von Strahlungs- und Leitungseinflüssen auf Befestigungen in Asphalt“ ab. Frau Boß betreut neben ihrer Tätigkeit in der Befestigungslehre die Lehre im Bereich „Bauphysik“ und „Konstruktive Bauphysik“ und wird im Bereich „Schalungsfreies 3D-Betondrucken beliebiger Architekturformen“ forschen.



Frau M.Sc. **Larissa Schwab** ist seit dem 1. Oktober 2014 Doktorandin am Fachgebiet für Massivbau. Sie studierte Bauingenieurwesen mit der Hauptvertiefungsrichtung Massivbau an der Technischen Universität Darmstadt und beschäftigte sich im Studium bereits mit Themengebieten aus dem Konstruktiven Ingenieurbau. Im Oktober 2013 schloss Sie ihr Studium mit der Masterarbeit zum Thema „Auswirkungen der Temperatureinwirkungen an einer Spannbeton-Hohlkastenbrücke“ ab. Bis Dezember 2014 arbeitete Sie anschließend als Tragwerksplanerin bei König und Heunisch Planungsgesellschaft (KHP) in Frankfurt am Main im Bereich des Brückenbaus. Im Rahmen Ihrer Promotion am Fachgebiete Massivbau wird Frau Schwab die Lehre im Bereich der Vorlesungen „Spannbetonbau“ und „Massivbrückenbau und Traggerüste“ betreuen.

GASTFORSCHER

Von Mai bis Juli 2014 war Herr **Siddharth Awasthi** vom Birla Institute of Technology and Science aus Pilani zu Gast am Fachgebiet Massivbau. Sein Forschungsaufenthalt wurde durch den Deutschen Akademischen Austauschdienst (DAAD) gefördert. Er forschte im Bereich der Bemessung von nichttragenden Mauerwerkswänden und führte in dieser Thematik numerische Untersuchungen und Versuchsauswertungen durch. Betreut wurde Herr Siddharth Awasthi von Herrn Michael Schmitt.

Herr **Arunabh Choudhury**, Student des Bauingenieurwesens am National Institute of Technology Karnataka, Surathkal, hat von May bis Juni 2014 ein Praktikum am Institut Massivbau absolviert. Unter der Betreuung von Claudia Weißmann hat Herr Choudhury die Nutzung von regenerativen Energiequellen für Nahwärmenetze analysiert. Für seine Untersuchungen nutze er das CARNOT Blockset für MATLAB Simulink sowie die Software TRANSYS.

PREISE

Bilfinger Preis 2013

Mit dem Bilfinger Preis werden an der TU Darmstadt jedes Jahr besondere Leistungen von Jungingenieuren ausgezeichnet. Im November 2014 wurde der erste Preis an Herrn Fabian Staab für seine Bachelorthesis „Umsetzung von Nachhaltigkeit im Gebäudebetrieb - Pilotphase eines Zertifizierungssystems Nachhaltigkeit im Gebäudebetrieb“ im Rahmen der akademischen Abschlussfeier übergeben. Wir gratulieren Herrn Staab sehr herzlich zu diesem Erfolg.

Dreßler-Bau-Preis 2014

Der Dreßler-Bau-Preis wurde in 2014 zum zweiten Mal für herausragende Bachelorarbeiten in den Fachgebieten Massivbau und Baubetrieb verliehen. Am 19. November 2014 wurde der Preis für die Kategorie Massivbau an Herr Jonas Wilhelm Klein verliehen. Herr Klein fertigte seine Bachelorarbeit im Bereich des Frischbetondrucks an, mit dem Titel „Ermittlung von mechanischen zeitveränderlichen Materialparametern von Frischbeton und Implementierung in ein Berechnungsverfahren“. Wir gratulieren Herr Klein sehr herzlich zu diesem Erfolg.

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:

Adam Hörnig Baugesellschaft GmbH, AMIG Rudi Becker, Arbeitsgemeinschaft für industrielle Forschung, Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e.V., BASF AG, bauart Konstruktions GmbH & Co. KG, bauserve GmbH, BERNHARDT Ingenieure GmbH, Beton Kemmler GmbH, BetonMarketing West GmbH, Bilfinger Bauperformance GmbH, Bilfinger Hochbau GmbH, Bilfinger SE, Bilfinger HSG Facility Management GmbH, Bundesanstalt für Straßenwesen, Bundesministerium für Bildung und Forschung, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau- und Reaktorsicherheit, Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie, Bundesverband der Kalksandsteinindustrie e.V., Bundesverband Porenbetonindustrie e.V., Bundesverband Deutsche Beton- und Fertigteilindustrie e.V., Bundesverband Leichtbetonzuschlagindustrie e.V., CEMWOOD GmbH, Cobiax Technologies GmbH, Daimler AG, Deutsche Bahn AG, Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Deutsche Poroton GmbH, Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V., Deutsche Forschungsgemeinschaft e.V., Deutsche Gesellschaft für Mauerwerksbau, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Deutsches Institut für Bautechnik, Dreßler Bau GmbH, Dyckerhoff AG, Evonik Degussa GmbH, Steag GmbH, Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau e. V., fischerwerke GmbH & Co. KG, Forschungsinstitut der Zementindustrie (FiZ), Forschungsvereinigung Kalk-Sand e.V., Freunde des Instituts für Massivbau der TU Darmstadt e.V., Freunde der Technischen Universität Darmstadt, Güteschutzverband Betonschalungen e. V., Halfen GmbH & Co. KG, H-Bau Technik GmbH, HeidelbergCement AG, Hilti Deutschland AG, Hochtief AG, Hoechst AG, HSE Technik GmbH, Ingenieurbüro Krebs und Kiefer, Ingenieurconsult Cornelius Schwarz Zeitler GmbH, Julius Berger International GmbH, Klimaleichtblock GmbH, König und Heunisch Planungsgesellschaft mbH & Co KG, LCEE Life Cycle Engineering Experts GmbH, Liapor GmbH & Co., Longlife-Treppen GmbH, LohrElement GmbH, MAPEI Betontechnik GmbH, Max Bögl Bauunternehmen GmbH, MEVA Schalungssysteme GmbH, pakon AG, Peikko Group, PHILIPP Gruppe, PreConTech e.K., Ruffert & Partner, Schöck Bauteile GmbH, sh minerals GmbH, Spenner Zement GmbH & Co. KG, Strabag AG, Syspro-Gruppe Betonbauteile e. V., TOGE-Dübel A. Gerhard KG, VdS Schadenverhütung GmbH, Verein Deutscher Zementwerke, Waibel KG, Wayss & Freytag Ingenieurbau AG, 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 stehenden Fachleuten 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:

Dipl.-Ing. Elena Alexandrakis	Bauphysik, Grundlagen des konstruktiven Hochbaus, Konstruktive Bauphysik/Bauphysik (bis SS14)
Dipl.-Ing. Thomas Becker	Grundlagen der energetischen Bewertung und Optimierung von Gebäuden (bis SS14)
Dr.-Ing. Herbert Duda	Baudynamik
Dipl.-Ing. (FH) Andreas Heck, M.Eng.	Befestigungs- und Verankerungstechnik in Beton und Mauerwerk
Dipl.-Ing. Rudolf Herz	Mauerwerksbau
Dipl.-Ing. Thomas Heß	Gebäudetechnik
Dr.-Ing. Normen Langner	Konstruktive Bauphysik/Bauphysik (ab WS14/15)
Dipl.-Ing. Liane Prediger	Mauerwerksbau
Dipl.-Ing. (FH) Michael Pröll	Mauerwerksbau
Dr.-Ing. Gert Riegel	Strategisches Facility Management & Sustainable Design
Dipl.-Wirtsch.-Ing. Frank Röser	Massivbautechnologie, Werkstoffe im Bauwesen, Werkstofftechnologie I, Werkstofftechnologie I I
Dr.-Ing. Holger Schmidt	Risiko und Sicherheit im konstruktiven Ingenieurbau
Dipl.-Ing. Heinz Steiger	Massivbrückenbau und Traggerüste
Dr. phil. nat. Enno Steindlberger	Bauen im Bestand – Energetische Sanierung, Bauwerkserhaltung, Bauschäden/Bauchemie

Außerdem möchten wir uns auch bei allen bedanken, die sich im Rahmen der Lehre engagiert und Vorträge gehalten haben:

Dr.-Ing. Markus Spengler (Baudynamik); Dipl.-Ing. Mathias Tillmann, Dipl.-Ing. Holger Rößner, Dipl.-Ing. Heinz Eberherr, Dipl.-Ing. Alice Becke, Dipl.-Ing. Ralf Niehüser, Dr.-Ing. Georg Hellinger, Dipl.-Ing. Erwin Scholz, Dipl.-Ing. Stefan Zwolinski, Dr.-Ing. Diethelm Bosold und Dipl.-Ing. Werner Hochrein (Fertigteilkonstruktionen); Dipl.-Ing. Katrin Schubert (Grundlagen der energetischen Bewertung und Optimierung von Gebäuden ab WS 14/15); Dr.-Ing. Gerhard Zehetmaier und Dr.-Ing. Stefan Kempf (Massivbrückenbau und Traggerüste); Dr.-Ing. Torsten Mielecke (Strategisches Facility Management & Sustainable Design); Dipl.-Ing. Herbert Schäfer, Dipl.-Ing. Rudi Becker, Dipl.-Ing. Michael Sauerwein, Dr.-Ing. Benjamin von Wolf-Zdekauer, Dipl.-Ing. Olaf Pielke, Dipl.-Ing. Frank Bieber, Dipl.-Ing. Robin Engelmann und Dipl.-Ing. Patrik Bös (Technische Gebäudeausrüstung).

VERÖFFENTLICHUNGEN

Ausgewählte Fachartikel:

- Billberg, P.; Roussel, N.; Amziane, S.; Beitzel, M.; Charitou, G.; Freund, B.; Gardner, J. N.; Graubner, C.-A.; Keller, L.; Khayat, K. H.; Lange, D. A.; Omran, A. F.; Perrot, A.; Proske, T.; Quattrociocchi, R.; Vanhove, Y.: Field validation of models for predicting lateral form pressure exerted by SCC. Cement and Concrete Composites, Volume 54, November 2014, 70–79.
- Freund, B.; Proske, T.; Graubner, C.-A.: Experimentelle Untersuchungen und numerische Verifizierung zum Frischbetondruck bei geneigten Schalungssystemen. In: Beton- und Stahlbetonbau 109, Heft 11 (2014), Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 2014
- Graubner, C.-A.; Schmitt, M.; Förster, V.: Anwendungsgrenzen des vereinfachten Nachweisverfahrens bei weitgespannten, teilaufliegenden Decken für Mauerwerkswände aus Ziegel, In: Mauerwerk Heft 18 (2014) Heft 6, Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 2014. ISSN: 1432-3427
- Graubner, C.-A.; Schmitt, M.; Förster, V.: Praxisbeispiel: Nachweis einer Aussteifungsscheibe aus unbewehrtem Mauerwerk nach DIN EN 1996-1-1/NA. In: Mauerwerksbau aktuell 2015 - Praxishandbuch für Architekten und Ingenieure. Graubner, C.-A.; Rast, R.; Schneider, K.-J. [Hrsg.], Bauwerk Beuth Verlag, Berlin 2014. ISBN 978-3-410-245223
- Graubner, C.-A.; Pohl, S.: Nachhaltigkeit von Mauerwerksbauten. In: Mauerwerksbau aktuell 2015 - Praxishandbuch für Architekten und Ingenieure. Graubner, C.-A.; Rast, R.; Schneider, K.-J. [Hrsg.], Bauwerk Beuth Verlag, Berlin 2014. ISBN 978-3-410245223
- Graubner, C.-A.; Schmitt, M.: Kalksandstein: Statikhandbuch Eurocode 6 - Fachbuch für Architekten, Bauingenieure und Studierende - 3. Auflage. Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V., Hannover [Hrsg], Verlag Bau+Technik GmbH, Düsseldorf, 2014, ISBN: 978-3-7640-0603-7
- Graubner, C.-A.; Schmitt, M.; Förster, V.: Tragfähigkeitstafeln für unbewehrtes Mauerwerk nach Eurocode 6 - Teil 3. In: Mauerwerksbau aktuell 2015 - Praxishandbuch für Architekten und Ingenieure. Graubner, C.-A.; Rast, R.; Schneider, K.-J. [Hrsg.], Bauwerk Beuth Verlag, Berlin 2014. ISBN 978-3-410245223
- Graubner, C.-A.; Pohl, S.: Nachhaltigkeit von Mauerwerk im Geschosswohnungsbau. In: Mauerwerk 18 (2014) Heft 5, Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 2014
- Graubner, C.-A.; Förster, V; Schmitt. M.: Standsicherheit von Kellerwänden bei drückendem Wasser, In: Mauerwerk Heft 18 (2014) Heft 5, Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 2014. ISSN: 1432-3427

- Graubner, C.-A.; Pohl, S.: Masonry - a sustainable building material | Mauerwerk - ein nachhaltiges Baumaterial, In: Mauerwerk 18 (2014) Heft 3/4, Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 2014. ISSN: 1432-3427
- Graubner, C.-A.; Schmitt. M.; Förster, V.: Design tables for URM - Hilfsmittel für die praxisnahe Bemessung von unbewehrtem Mauerwerk, In: Mauerwerk Heft 18 (2014) Heft 3/4, Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 2014. ISSN: 1432-3427
- Graubner, C.-A.; Kohoutek, J.; Tran, N. L.: Bemessungsrelevante Einwirkungskombinationen für Stahlbetonbauteile im Hochbau. In: Tagungsband, 58. Ulmer Betontage, 02/2014.
- Graubner, C.-A.; Schmitt, M.: Bemessung nach Eurocode 6. In: Kalksandstein: Planungshandbuch. Planung, Konstruktion, Ausführung (PKA) - 6. Auflage. Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V., Hannover [Hrsg], Verlag Bau+Technik GmbH, Düsseldorf, 2014, ISBN: 978-3-7640-0591-7
- Graubner, C.-A.; Schmitt, M.: Nicht tragende Wände. In: Kalksandstein: Planungshandbuch. Planung, Konstruktion, Ausführung (PKA) - 6. Auflage. Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V., Hannover [Hrsg], Verlag Bau+Technik GmbH, Hannover 2014, ISBN: 978-3-7640-0591-7
- Graubner, C.-A.; Pohl, S.: Nachhaltigkeit von Mauerwerksbauten. In: Mauerwerksbau aktuell 2014 - Praxishandbuch für Architekten und Ingenieure. Graubner, C.-A.; Rast, R.; Schneider, K.-J. [Hrsg.], Bauwerk Beuth Verlag, Berlin 2014. ISBN 978-3-410-23993-2
- Graubner, C.-A.; Schmitt, M.; Förster, V.: Praxisbeispiel: Nachweis einer Aussteifungsscheibe aus unbewehrtem Mauerwerk nach DIN EN 1996-1-1/NA. In: Mauerwerksbau aktuell 2014 - Praxishandbuch für Architekten und Ingenieure. Graubner, C.-A.; Rast, R.; Schneider, K.-J. [Hrsg.], Bauwerk Beuth Verlag, Berlin 2014. ISBN 978-3-410-23993-2
- Hainer, S.; Proske, T.; Graubner, C.-A.: Einfluss der Nachbehandlung auf das Karbonatisierungsverhalten von Beton aus klinkerarmen Zementen. In: Beton- und Stahlbetonbau 109, Heft 12, Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 2014.
- Hainer, S.; Rezvani, M.; Baldermann, A.; Proske, T.; Mittermayr, F.: Durability of Cement-Reduced Eco-Friendly Concretes Against Sulfate Attack. In: Proceedings of the XIII International Conference on Durability of Building Materials and Component, Sao Paulo, 2014
- Kaz'mina, O.; Dushkina, M.; Volland, S.; Lebedeva, E.: Heat-insulating materials obtaining from dispersive screenings of construction sand. Advanced materials research. Vol.1040, 2014, pp.314-318.
- Kaz'mina, O.; Dushkina, M.; Vereshchagin, V.; Volland, S.: Use of dispersive screenings of mortar sands for obtaining foamglass-crystal materials. Stroitel'nye materialy, 2014, 1-2, pp. 93-97.

- Kohoutek, J.; Tran, N. L.; Graubner, C.-A.; Bemessungsrelevante Einwirkungskombinationen im Hochbau. In: Beton- und Stahlbetonbau 109 (2014), Heft 9, Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 2014
- Müller, C.; Palm, S.; Graubner, C.-A.; Proske, T.; Hainer, S.; Rezvani, M.; Neufert, W.; Reuken, I.: Zemente mit hohen Kalksteingehalten: Dauerhaftigkeit und praktische Umsetzbarkeit, In: Cement International 109 (2014) 02, S.78-85
- Müller, C.; Palm, S.; Graubner, C.-A.; Proske, T.; Hainer, S.; Rezvani, M.; Neufert, W.; Reuken, I.: Zemente mit hohen Kalksteingehalten - Dauerhaftigkeit und praktische Umsetzbarkeit. In: Beton (64), 1/2 2014. 43-50
- Pelzeter, A.; Pohl, S.: Neue GEFMA Richtlinie zu Nachhaltigkeit im FM. In: Tagungsband Kongress facilitymanagement 2014, Frankfurt, 02/2014
- Proske, T.; Rezvani, M.; Hainer, S.; Graubner, C.-A.: Mischungszusammensetzung nachhaltigkeitsoptimierter Konstruktionsbetone auf Basis internationaler Regelwerke. In: Beton- und Stahlbetonbau 109 , Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 2014
- Proske, T.; Hainer, S.; Rezvani, M.; Graubner, C.-A.: Eco-friendly Concretes with Reduced Water and Cement Content – Mix Design Principles and Application in Practice, In: Construction and Building Materials, Volume 67, 413-421, 2014.
- Proske, T.; Khayat, K.; Omran, A.; Leitzbach, O.: Form Pressure Generated by Fresh Concrete - A review about practice in formwork design. Materials and Structures, RILEM Publications, July, 2014 (47):1099–1113.
- Rezvani, M.; Proske, T.; Hainer, S.; Graubner, C.-A.: Rheology of eco-friendly self-compacting concretes with limestone-rich cements. In: Proceedings of International Symposium on Eco-Crete, 13.-15. August 2014, Reykjavik, Island 2014
- Schmitt, M.; Graubner, C.-A.: Membrane effects in non-loadbearing masonry walls. In: 9th International Masonry Conference, Guimaräes, Portugal, 2014
- Simsch, G.: Bauprozessmanagement im Bauunternehmen. In: Bauportal Heft 1-2. BG Bau, Berlin (Februar 2014). S. 8-15.
- Tischer, A.; den Boer. E.; Williams, I.; Curran, T.: Industrial network design by improving construction logistics. Waste and Resource Management (2014), ahead of printing, DOI: 10.1680/warm.13.00025
- Volland, S.; Kazmina, O.; Vereshchagin, V.; Dushkina, M.: Recycling of sand sludge as a resource for lightweight aggregates. Construction and Building Materials, 52, 2014, 361-365.
- Von Ahsen, A.; Weißmann, C.: Lebenszykluskostenrechnung und Ökobilanzierung für Plus-Energie-Häuser - Methodenbekanntheit und -anwendung sowie Konsequenzen für die zukünftige Förderung, In: Zeitschrift für Umweltpolitik & Umweltrecht 3 (2014), S. 229-257, Deutscher Fachverlag, Frankfurt am Main. ISSN: 0931-0983

Ausgewählte Fachvorträge:

- Graubner, C.-A.: Maßgebende Einwirkungskombinationen zur Bemessung von Stahlbetonbauteilen im üblichen Hochbau. 58. Ulmer Betontage, Ulm, 18.-20.02.2014
- Graubner, C.-A.: Nachhaltigkeitsqualität von Leichtbetonmauerwerk - Aktuelle Ergebnisse. 58. Ulmer Betontage, Ulm, 18.-20.02.2014
- Graubner, C.-A.: Nachhaltigkeitsqualität von Wohngebäuden - Massivhaus vs. Holzleichtbau. 40. Aachener Bausachverständigentage 2014, Aachen, 07.04.2014
- Graubner, C.-A.: Überlegungen zur Einbindung von Ressourceneffizienz in die Nachhaltigkeitsbewertung im Bauwesen. 3. Runder Tisch Ressourceneffizienz im Bauwesen, Berlin, 15.05.2014
- Graubner, C.-A.; Pohl, S.: Masonry - a sustainable building material. 9th International Masonry Conference, Guimaräes, Portugal, 07.07.2014
- Pohl, S.: Certified Sustainability in Facility Management. Messe facilitymanagement 2014, Frankfurt, 26.02.2014
- Pohl, S.: GEFMA-Richtlinie Nachhaltigkeit im Facility Management - Wieviel Zertifizierung braucht ein nachhaltiges Gebäude?. Expo Real 2014, München, 6.-8. Oktober 2014
- Proske, T.: Umwelt- und performanceorientierte Betonentwicklung, Vortragsreihe Geotechnik, Graz, 16.01.2014
- Rezvani, M.: Rheology of eco-friendly self-compacting concretes with limestone-rich cements, International Symposium on Eco-Crete 2014, Reykjavik, 14.08.2014
- Rezvani, M.: Limestone-rich cements for sustainable concrete structures — Mechanical properties and life cycle assessment, International Symposium on Eco-Crete 2014, Reykjavik, 14.08.2014
- Schmitt, M.: Membrane effects in non-loadbearing masonry walls. 9th International Masonry Conference, Guimaräes, Portugal, 07.07.2014
- Simsch, G.: Ressourceneffizienz aus Sicht der Bauwirtschaft. 4. Runder Tisch Ressourceneffizienz im Bauwesen, Berlin, 03.12.2014

BEMESSUNG VON MAUERWERK MIT HILFSMITTELN

Valentin Förster, Carl-Alexander Graubner

Die bevorstehende bauaufsichtliche Einführung des Eurocodes 6 zum Jahresanfang 2015 erzeugt bei den in der Praxis tätigen Ingenieuren den Wunsch nach Hilfsmitteln für eine schnelle und effiziente Bemessung von Mauerwerkswänden. Gleichzeitig muss jedoch sichergestellt sein, dass die entsprechenden Hilfsmittel materialeffiziente Ergebnisse liefern. Diesem Wunsch ist das Fachgebiet Massivbau nachgekommen, indem mehrere Tabellen und Diagramme (siehe (1) und (2)) für eine einfache Bemessung entwickelt wurden.

Für kleinere Mauerwerksbauten mit maximal drei Geschossen wurde eine Tabelle zur Bemessung gemäß dem stark vereinfachten Nachweisverfahren nach DIN EN 1996-3/NA Anhang A erarbeitet. Die bedeutendste Tabelle (siehe Tab. 1) basiert auf dem in der Praxis überwiegend verwendeten vereinfachten Nachweisverfahren. Dabei kann in Abhängigkeit des Bauteils (Außen- oder Innenwand), Wanddicke, Wandhöhe, Deckenspannweite und Deckenauflagertiefe ein Tabellenwert abgelesen werden, welcher multipliziert mit der charakteristischen Mauerwerksdruckfestigkeit des verwendeten Mauerwerks (f_k in N/mm²) direkt den Bemessungswert der Wandtragfähigkeit pro Laufmeter (n_{Rd} in kN/m) liefert. Diese Vorgehensweise hat den immensen Vorteil, dass mit nur zwei Tabellen ($f_k \geq 1{,}8$ N/mm² und $f_k < 1{,}8$ N/mm²) das gesamte Vereinfachte Nachweisverfahren abgebildet wird. Ausschließlich der Nachweis der Mindestauflast muss noch zusätzlich geführt werden. Für gängige Wandkonstruktionen stehen Diagramme bereit, mit denen die maximal mögliche Wandhöhe einfach abgelesen werden kann. Auch für Kellerwände stehen entsprechende Tabellen für eine einfache und dennoch effiziente Bemessung zur Verfügung.

Tabelle 1: Auszug aus der Bemessungstabelle für $f_k \geq 1{,}8$ N/mm²

Tragfähigkeit n_{Rd} in kN/m = Tabellenwert · f_k in N/mm²														
Wanddicke t in cm	Lichte Wandhöhe h in m	Innen-wand	Außenwand										Dachdecke	
			Geschossdecke										a/t = 1,0	a/t = 2/3
			vollaufliegende Decke a/t = 1,0						a/t = 2/3					
		l_f in m	Deckenspannweite l_f in m											
		≤ 6,00	≤ 3,50	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	≤ 5,00	5,5	6,0	≤ 6,00		
11,5	≤ 2,50	36	36				32	26	- [1]				21	- [1]
17,5		71	71		69	59	49	39	33				33	33
24,0		102	102		95	81	68	54	60		54		45	45
30,0		131	131		119	102	85	68	82		68		56	56
36,5		165	165		144	124	103	82	105	103	82		68	68
42,5		195	195	192	168	144	120	96	125	120	96		79	79
49,0		228	228	222	194	166	138	111	147	138	111		91	91
11,5	≤ 2,75	32	32					26	- [1]				21	- [1]
17,5		69	69			59	49	39	28				33	28
24,0		99	99		95	81	68	54	56		54		45	45
30,0		128	128		119	102	85	68	79		68		56	56
36,5		162	162		144	124	103	82	103		82		68	68
42,5		193	193	192	168	144	120	96	124	120	96		80	80
49,0		226	226	222	194	166	138	111	146	138	111		92	92

[1] nicht zulässig, da Mindestauflagertiefe nicht eingehalten

Voraussetzungen zur Anwendung:
- Einhaltung der Anwendungsbedingungen des vereinfachten Berechnungsverfahrens nach DIN EN 1996-3/NA
- charakteristische Mauerwerksdruckfestigkeit $f_k \geq 1{,}8$ N/mm²
- Abminderung der Knicklänge durch flächenaufgelagerte Stahlbetondecken ist bereits integriert (zweiseitige Halterung)

(1) Graunber, C.-A.; Schmitt, M.; Förster, V.: Design tables for URM – Hilfsmittel für die praxisnahe Bemessung von unbewehrtem Mauerwerk. In: Mauerwerk 18 (2014) H. 3/4 S. 176-187.

(2) Graubner, C.-A.; Schmitt, M.; Förster, V.: Tragfähigkeitstafeln für unbewehrtes Mauerwerk nach Eurocode 6 – Teil 3. In: Mauerwerksbau aktuell 2015 - Praxishandbuch für Architekten und Ingenieure. Graubner, C.-A.; Rast, R.; Schneider, K.-J. [Hrsg.], Bauwerk Beuth Verlag, Berlin (in Druck).

FRISCHBETONDRUCK BEI GENEIGTEN SCHALUNGSSYSTEMEN – SIMULATION DURCH FE-BERECHNUNG

Björn Freund, Carl-Alexander Graubner

Der Frischbetondruck bei frei geformten Bauteilen ist nahezu unerforscht. Zur Untersuchung des Frischbetondrucks wurden im Rahmen eines durch die DFG geförderten Forschungsvorhabens zahlreiche Betonierversuche an lotrechten und geneigten Wänden durchgeführt (vgl. (1)). Im Rahmen der theoretischen Untersuchungen wurde ein Berechnungsmodell entwickelt, mit dem der Frischbetondruck bei frei geformten Schalungen berechnet werden kann (2).

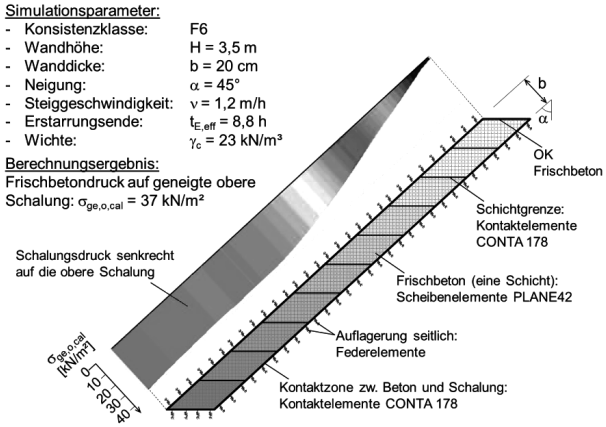


Abbildung 1: Schematische Darstellung des Modells zur Berechnung des Frischbetondrucks. Exemplarische Darstellung eines Berechnungsbeispiels

In Abbildung 1 ist das Berechnungsmodell exemplarisch anhand einer geneigten Schalung mit konstanter Wanddicke dargestellt. Die Modellierung erfolgte mit dem Programmsystem Ansys. Des Weiteren wird in Abbildung 1 der Frischbetondruck senkrecht auf die obere Schalhaut für ein Beispiel dargestellt.

Bei einer Simulation wird der Beton schichtweise in dem Modell aktiviert. Beim Aktivieren einer neuen Schicht werden die Materialparameter der darunterliegenden Schichten verändert, entsprechend der simulierten Betoniergeschwindigkeit v und dem Erstarrungsende t_E des zu simulierenden Betons. Das zeitlich veränderliche Materialverhalten wird dabei explizit über den zeitabhängigen Seitendruckbeiwert $\lambda\,(t / t_{E,eff})$ und den zeitabhängigen Reibbeiwert $\mu\,(t / t_{E,eff})$ erfasst. Daher wurden entsprechende Funktionen für die Konsistenzklassen F5, F6 und SVB in das Modell implementiert.

Mit dem Berechnungsmodell durchgeführte Vergleichsberechnungen (vgl. (2)) zeigen hinsichtlich des maximalen Frischbetondrucks eine gute Korrelation zwischen den Berechnungsergebnissen und den Messwerten der durchgeführten Versuche.

(1) Freund, B. (2013): Großversuche zur Untersuchung des Frischbetondrucks bei geneigten Schalungssystemen. In: Tagungsband der 1. Jahrestagung des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton, Bochum, 2013.
(2) Freund, B.; Proske, T.; Graubner, C.-A.: Frischbetondruck bei frei geformten Schalungssystemen. In: Tagungsband zum 4. Jahrestreffen des DFG Schwerpunktprogramm 1542: Leicht bauen mit Beton, 29. Sept. bis 01. Okt. 2014, Dresden. 2014.

VERKEHRSSIMULATIONEN MIT „AISPROC“ AN INTEGRALEN STRAßENBRÜCKEN

Jaroslav Kohoutek, Ngoc Linh Tran, Carolin Bieker

Einwirkungen aus Verkehr spielen bei der Ermittlung der Versagenswahrscheinlichkeit von Straßenbrücken eine maßgebende Rolle. Aktuell wird der Brückenbemessung das Lastmodell 1 der DIN EN 1991-2/NA zugrunde gelegt. Insbesondere für Zuverlässigkeitsanalysen stellt sich jedoch die Frage, inwieweit dieses die tatsächlich auf der Brücke vorhandene Verkehrssituation widerspiegelt. Zu diesem Zweck wurden im Rahmen einer Masterthesis (1) Verkehrssimulationen auf Basis aktueller Verkehrsmessungen an drei integralen Stahlbeton- und Spannbetonbrücken durchgeführt.

Grundlage der Simulationsrechnungen bildeten Momenten- und Querkrafteinflusslinien der untersuchten Brücken, welche mit dem Programm SOFiSTiK 2014 erzeugt wurden. Die Simulationsrechnungen wurden mit dem am Fachgebiet Massivbau entwickelten Simulationsprogramm „AISProc“ durchgeführt (2). Den Simulationen wurden ausgewertete Verkehrsmessdaten aus den Jahren 2004 und 2005 zugrunde gelegt. Zudem wurde auf Basis von Verkehrsprognosen des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung BMVBS ein Faktor zur Berücksichtigung des zukünftigen Verkehrs ermittelt. Mit diesem wurden zusätzlich zu den Simulationen des aktuellen Verkehrs Simulationsrechnungen des prognostizierten Verkehrs in 50 und 100 Jahren durchgeführt. Die Simulationen wurden darüber hinaus unter Ansatz von „fließendem Verkehr“ oder „Stauverkehr“ sowie unter Ansatz einer oder zwei Schwerverkehrsspuren durchgeführt. Für die Simulationsdauer eines Jahres wurden jeweils die halbstündigen Maximalwerte der Schnittgrößen infolge Verkehrs ermittelt und in Histogrammen dargestellt. Die Verkehrsschnittgrößen konnten genügend genau mittels Normalverteilungen angenähert

werden. Abbildung 1 zeigt am Beispiel der Nordbrücke Berching die ausgewerteten Simulationsergebnisse des Momentes in Feldmitte im Verkehrsszenario „Stauverkehr“. Dabei wurde der in 100 Jahren prognostizierte Schwerverkehr auf den Fahrspuren 1 und 2 angesetzt.

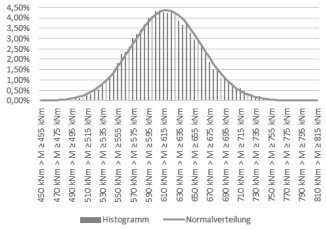


Abbildung 1: Histogramm und Dichteverteilung des Momentes in Feldmitte der Nordbrücke Berching infolge Verkehrsbeanspruchung (1)

Aus den ermittelten Dichteverteilungen wurden die charakteristischen Schnittgrößen bestimmt und diese mit den Schnittgrößen des Lastmodells 1 nach DIN EN 1991-2/NA verglichen. In allen Fällen zeigten sich deutliche Abweichungen der charakteristischen Schnittgrößen aus den Verkehrssimulationen und dem Lastmodell 1. Die Unterschiede lassen sich jedoch durch die Berücksichtigung neuer Fahrzeugkonzepte bei der Entwicklung des Lastmodells 1 nach DIN EN 1991-2/NA erklären.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass sich die ermittelten Normalverteilungen sehr gut für Zuverlässigkeitsanalysen eignen. Die durchgeführten Verkehrssimulationen können darüber hinaus auch zur Nachrechnung von Bestandsbrücken verwendet werden, bei denen die Nachweise unter Zugrundelegung des Lastmodells 1 nicht erfüllt werden können.

(1) Bieker, C. (2014): Entwicklung eines Straßenverkehrslastmodells für Zuverlässigkeitsuntersuchungen an Rahmenbrücken mit mittleren und großen Spannweiten. Masterthesis, Technische Universität Darmstadt, Institut für Massivbau, 2014
(2) Tran, N.L. (2014): Programm AISProc. Technische Universität Darmstadt, Institut für Massivbau, 2014

MEMBRANDRUCKSPANNUNGEN IN NICHTTRAGENDEN MAUERWERKSWÄNDEN – EIN PHÄNOMEN THEORIE III. ORDNUNG

Michael Schmitt

Nichttragende Mauerwerkswände werden im Allgemeinen durch andere Tragelemente wie Stahlbetonstützen oder -wände gehalten. Wenn die Fuge zwischen Decke und Wand mit Mineralwolle und einem Stahlprofil ausgeführt ist, kann nur von einer horizontalen Halterung ausgegangen werden, wobei die Tragfähigkeit der Wand vor allem durch die Biegezugfestigkeiten determiniert wird. Horizontal und vertikal unverschiebliche Ränder – z. B. mit Mörtel verfüllte Fugen – beeinflussen die Tragfähigkeit positiv. Versuchsergebnisse zeigen, dass diese um den Faktor 3 gesteigert werden kann (vgl. (1)). Neben versuchstechnisch gestützten und numerischen Untersuchungen kann mit Hilfe der Analytik die Tragfähigkeit unter Berücksichtigung von Membrandruckspannungen beschrieben werden. Zum Verständnis des Tragverhaltens sind die exakte Beschreibung der Last-Verformungs-Kurve und das Zusammenspiel zwischen Biegung und Bogentragwirkung entscheidend.

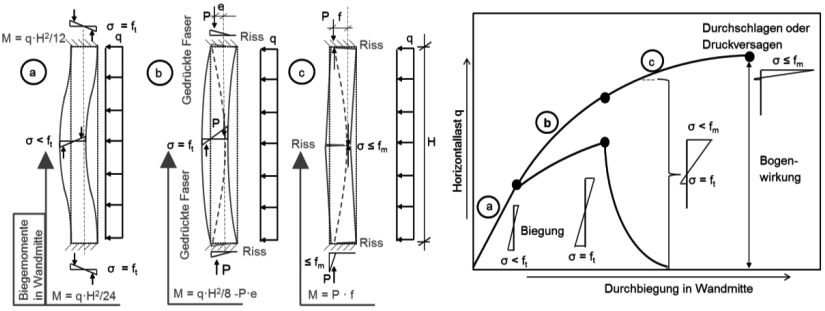


Abbildung 1: Statische Systeme und Last-Verformungskurve

Abbildung 1 zeigt auf der linken Seite die sich unter Steigerung der Belastung einstellenden Systeme. Im rechten Teilbild ist die dazugehörige Last-Verformungskurve gezeigt. Unter Annahme eines linear-elastischen Materialverhaltens bleibt der Querschnitt unter geringen Lasten ungerissen, wobei das Biegemoment über Druck- und Zugspannungen abgetragen wird (Bereich a). Zu diesem Zeitpunkt existieren keine Membrandruckspannungen. Mit steigender Last reißt der Querschnitt, bedingt durch die geringe Zugfestigkeit des Mauerwerks, an den Lagern auf, wodurch sich die Steifigkeit des Systems verringert und die Durchbiegung überproportional ansteigt. Die Tragfähigkeit wird durch die Zugfestigkeit in Wandmitte determiniert.

Mit in Wandachse unverschieblichen Lagern wird die Dehnung der linken äußeren Faser, welche durch die Verdrehung des Querschnitts entsteht, verhindert. Diese axiale Stauchung führt zu einer zusätzlichen exzentrischen Normalkraft P, welche in einem zusätzlichen rückdrehenden Biegemoment resultiert. Dieser Effekt gehört zur Theorie III. Ordnung. Neben der vertikalen Verformung nach Theorie II. Ordnung wird die axiale Verkürzung der Wand berücksichtigt. So kann die Tragfähigkeit im Bereich b gesteigert werden bis die Zugfestigkeit in Wandmitte erreicht ist.

Nach Rissbildung in Wandmitte kann das Tragverhalten durch ein Gleichgewicht zwischen der äußeren horizontalen Last und der inneren Bogenkraft P mit dem Hebelarm f beschrieben (Bereich c) werden. Mit steigender Last vergrößert sich die Durchbiegung, der Hebelarm f verringert sich und führt zum Erreichen der Systemtragfähigkeit. Dabei können zwei Ver-sagensarten auftreten: Bei dünnen Wänden und Lagern mit geringer Steifigkeit kann „Durchschlagen“ auftreten. Wenn die Druckfestigkeit des Mauerwerks erreicht ist, stellt sich hingegen Druckversagen ein. Die Tragfähigkeit der Mauerwerkswand hängt von der Wandgeometrie, der Steifigkeit der seitlichen Halterungen (Rotation und Translation) und vor allem von dem Elastizitätsmodul sowie der Mauerwerksdruckfestigkeit ab. Im Grenz-zustand der Tragfähigkeit haben die Biegezugfestigkeiten keinen Einfluss.

(1) Schmitt, M.; Graubner, C.-A. (2014): Membrane effects in non-load-bearing masonry walls. In: 9th international Masonry Conference, Guimarães, Portugal, 2014

NUMERISCHE MODELLIERUNG DES TRAGVERHALTENS VON FASERBETONTRAGWERKEN

Ngoc Linh Tran, Ulf Grziwa

Durch Beimischung von Stahlfasern können die mechanischen Eigenschaften von Beton signifikant verbessert werden, insbesondere wenn Bauteile auf Zug beansprucht werden. Aufgrund der weitestgehend zufälligen Verteilung und Orientierung der Fasern, weist Faserbeton eine große Streuung der Festigkeit auf. Dies lässt sich vor allem im Nachbruchverhalten von stahlfaserbewerten Bauteilen feststellen. Als wesentliche Einflussgrößen sind der Fasertyp, die Fasergeometrie, der Fasergehalt, die Faserverteilung und –ausrichtung sowie der Verbund zwischen den Fasern und dem Beton zu nennen.

Bei der numerischen Modellierung von Bauteilen und Tragwerken muss das Materialverhalten durch geeignete Arbeitslinien zugrunde gelegt werden. Im Falle von Stahlfaserbeton beschreiben Arbeitslinien das Verhalten des Kompositmaterials unter Berücksichtigung des Verbundes zwischen Beton und Stahlfasern. Die Ermittlung von Arbeitslinien erfolgt durch die Auswertung experimenteller Versuchsreihen und beschreibt in der Regel das einachsige Materialverhalten des Werkstoffes. Dies stellt einen Nachteil dar, da das mehrachsige Materialverhalten meist nicht aus diesen Versuchen abgeleitet werden kann. Insbesondere bei Faserbetonen sind weiterführende Untersuchungen erforderlich, da das Materialverhalten auch von der dreidimensionalen Verteilung und Ausrichtung der Fasern abhängt.

In diesem Beitrag wird ein Modellierungsverfahren für Faserbeton vorgestellt. Die Hauptidee des neuen Verfahrens ist eine detaillierte Modellierung der Fasern analog zu konventionellem Betonstahl. Unter Verwendung des sogenannten „verschmierten Models“ kann die Faserposition frei im Betonelementnetz definiert werden. Die Mitwirkung von Fasern wird in eine äquivalente Steifigkeit umgerechnet und in die entsprechenden Betonelemente übertragen.

Der Verbund zwischen Beton und Fasern wird ebenfalls berücksichtigt. Bestehende FE Programme ermöglichen bereits dieses Modellierungsverfahren. Ein Beispiel hierfür ist das Programm ATENA3D, welches von Červenka Consulting entwickelt wurde. Die vorhandene Software unterstützt jedoch nicht die Eingabe von Bauteilen mit streuenden Materialeigenschaften, wie es z.B. bei Zuverlässigkeitsanalysen erforderlich ist. Aus diesem Grund wurde am Institut für Massivbau ein Vorverarbeitungsprogramm zur Modellierung des Faserbetons entwickelt. Mit Hilfe dieses Programmes können faserbewehrte Stahlbetontragwerke automatisch erzeugt werden. Nach der Analyse, welche mit Hilfe der nachgeschalteten Software ATENA 3D erfolgt, werden die Berechnungsergebnisse graphisch ausgegeben. In Abb. 1 sind beispielhaft Last-Verformungslinien von Faserbetonbalken mit unterschiedlichen Fasergehalten als erste Ergebnisse der Modellierung dargestellt. Im Allgemeinen haben die bisherigen Ergebnisse gezeigt, dass das Modellierungsverfahren das Verhalten des Faserbetons sehr gut wiederspiegelt. Daher ist die Anwendung dieses Verfahrens für weitergehende Untersuchungen vorgesehen.

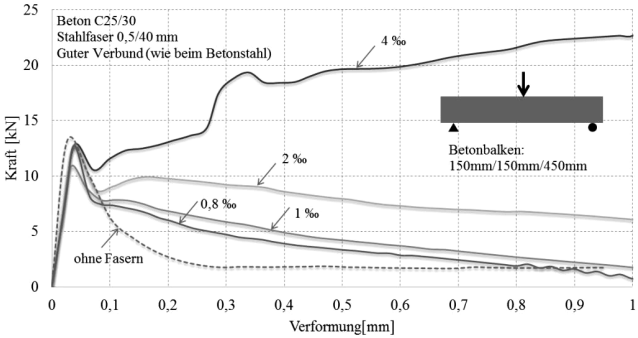


Abb. 1: Last-Verformungslinie von Betonbalken mit unterschiedlichen Fasergehalten

Mit Hilfe des Modellierungsverfahrens kann das mehrachsige Tragverhalten von Bauteilen aus Faserbeton wirklichkeitsnah abgebildet werden. Ein weiteres Anwendungsfeld dieses Softwaretools sind Untersuchungen zum Verhalten von Bauteilen unter kombinierter Schub-, Torsion- und Biegebeanspruchung.

EIN NEUER ANSATZ FÜR DIE HERSTELLUNG MINERALISIERTER SCHÄUME

Albrecht Gilka-Bötzow

Derzeitig ist aufgrund neuerer Entwicklungen die Herstellung von mineralisiertem Schaum durch Untermischen von Leim in wässrigen Schaum gut beherrscht. Durch den Einsatz von Kolloidalmischern und abgeschlossenen Nachmischern sind Trockenrohdichten unter 100 kg/m³ zielsicher herstellbar. Jedoch wird in diesem Prozess der Leim mit der interlamellaren Flüssigkeit im Schaum vermischt, sodass sich der Wasserzementwert um den chemisch nicht ansetzbaren Wasseranteil des Schaums erhöht. So ist bei einer Verwendung von sehr leichtem wässrigem Schaum mit einer Rohdichte von 60 kg/m³ und bei einer relativ hohen Zieltrockenrohdichte von 500 kg/m³, selbst bei einer Reduzierung des Wasserzementwertes im Leim auf 0,38, lediglich ein minimaler realer Wert von 0,50 zu erreichen. Dies vor dem Hintergrund, dass das Zementsteingefüge maßgeblich vom Wasserzementwert beeinflusst ist. Das Zementsteinschwinden ist auf eine Kombination verschiedener Ursachen zurückzuführen, die alle auf Veränderungen des Feuchtezustandes im porigen Gefüge beruhen (1).

Thermodynamisch stellen Schäume instabile Mehrphasensysteme dar, die sich niemals in einem wirklichen metastabilen Gleichgewichtszustand befinden. Aufgrund unterschiedlicher, gleichzeitig ablaufender Prozesse (Abbildung 1) sind sie ständigen Formationsänderungen unterworfen (2, 3). Aus diesem Grund führt eine längere Frischephase zwangsläufig zu vergrößerten Poren und birgt die Gefahr einer völligen Zerstörung. Um für eine zielsichere Herstellung mineralisierter Schäume eine möglichst lange Stabilität im frischen Zustand zu gewährleisten, war der bisher erfolgreich verfolgte Weg die Verwendung hoch aufgemischter, viskoser Bindemittelleime. Dies führt jedoch zu den oben beschriebenen

materialtechnologischen Problemen. Ein neuer zu verfolgender Lösungsansatz kann das direkte Aufschäumen von Bindemittelleimen sein. Hier ist aber die Verwendung von Leimen mit wasserähnlichen Konsistenzen zwingend notwendig, deren Abbinden durch den Einsatz von Zusatzmitteln beschleunigt werden muss. Neben den verfahrenstechnologischen Entwicklungsaufgabenstellungen ergeben sich hier jedoch neue Problemfelder.

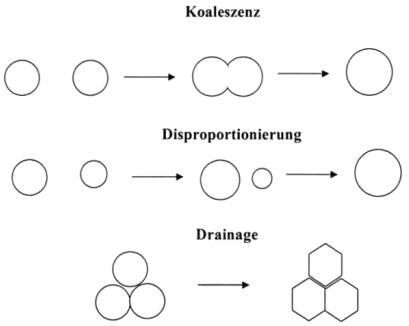


Abbildung 1: Schaumzerfallsprozesse (nach (2, 4))

Neuer Forschungs- und Entwicklungsansatz zur Erhöhung der Festigkeit bzw. Reduzierung des Schwindens kann somit die Reduzierung des Wasseranteils im frischen Material durch verfahrenstechnische Anpassungen zum direkten Aufschäumen von kolloidal vorgemischten, zusatzmitteldotierten, hochfließfähigen Bindemittelleimen sein. Dazu wird ein auf die metastabile Phase des Schaums abgestimmte Verwendung von Beschleunigern sowie die Untersuchung der Wechselwirkungen der unterschiedlichen Zusatzmittel nötig, zumal die Schaumbildung aus chemischer und physikalischer Sicht stark durch die Reinheit und die Konzentration des grenzflächenaktiven Stoffes beeinflusst wird (5).

(1) Schilbach, J.: Entwicklung und Optimierung eines biotechnologischen Verfahrens zur Herstellung von Proteinschaummitteln. (2005)
(2) German, J., Wan, PJ, Saleeb, FZ, McCarthy, MJ, Cavallo, JL: Properties of Stabilizing Components in Foams. In: Food Emuls. Foams Theory Pract. N. Y. (1990) pp. 62–70
(3) Reul, H.: Handbuch Bauchemie. Verl. für Chem. Industrie, Augsburg (1991)
(4) Deutsches Institut für Normung: DIN EN 12728:2000-01, Grenzflächenaktive Stoffe - Bestimmung des Schäumvermögens - Lochscheiben-Schlagverfahren, Beuth Verlag
(5) Caessens, P.W.J.R.: Enzymatic hydrolysis of ß-casein and ß-lactoglobulin. Foam and emulsion properties of peptides in relation to their molecular structure.

EINFLUSS VON SCHAUMBILDNERN AUF DEN VERLAUF DER ZEMENTHYDRATATION

Albrecht Gilka-Bötzow, Fabian Fink, Harald Garrecht

Die verlängerte Frischephase bei der Herstellung von mineralisierten Schäumen führt aufgrund der Metastabilität von Schaum zu vergrößerten Poren und birgt die Gefahr eines strukturellen Zusammenbruchs. Daneben ergeben sich daraus verfahrenstechnische Zwangspunkte. Vor diesem Hintergrund wurden in einer am Fachgebiet Werkstoffe im Bauwesen durchgeführten Studie, die zeitlichen und energetischen Einflüsse verschiedener Schaumbildner auf die Hydratation von Zementleim an Leimproben unter Verwendung eines isothermen Wärmeflusskalorimeters untersucht. Außerdem waren mögliche Wechselwirkungen von Schaumbildnern mit unterschiedlichen Beschleunigern und Fließmitteln Gegenstand der Analyse (1). Versuche wie Probenlagerung erfolgten in einem auf die Messtemperatur von 20 °C klimatisiertem Raum, um äußere Einflüsse auf die Messung weitestgehend zu eliminieren. Das Zementkalorimeter verfügt zudem über die Möglichkeit unter Verwendung eines inerten Materials eine Referenzmessung durchzuführen. Die dort auftretenden Schwankungen können in der nachgelagerten rechnergestützten Auswertung aus der Messung im Milliwattbereich entfernt werden

Die Zementhydratation wird reaktionskinetisch in fünf Perioden unterteilt. Sobald während der zweiten, der dormanten Phase eine bestimmte Sättigungskonzentration an Ca^{2+}- und OH^--Ionen überschritten wird, kristallisieren Hydratphasen zu kurzfaserigen C-S-H-Kristallen, womit die Accelerationsperiode unter signifikanter Wärmeentwicklung beginnt. Gleichzeitig werden die restlichen C_3A-Phasen mit dem Ettringit zu Monosulfaten umgesetzt, nachdem der letzte Gips als Sulfatträger für die Bildung von Ettringit verbraucht wurde (2). Vor allem Veränderungen im Verlauf der Accelerationsperiode, lassen Rückschlüsse auf die verzögernde Wirkung von Schaumbildnern zu.

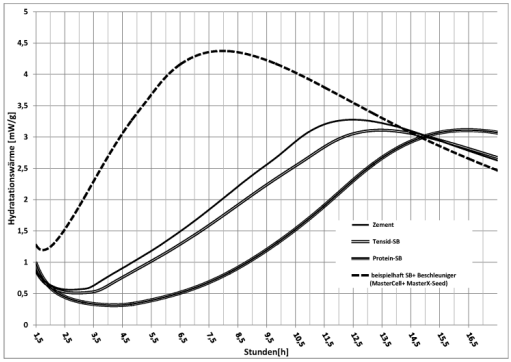


Abbildung 1: Bsp. eines Hydratationswärmeverlaufs der Versuchskombination Zementleim-Beschleuniger-Schaumbildner

Bei reinem Zementleim konnte der Beginn dieses Zeitraums nach ca. 3 h festgestellt werden, bei erneutem Anstieg der Wärmeentwicklung, nach dem starken Abfall der dormanten Periode. Das Maximum war bei ca. 12,5 h nach dem initialen Mischvorgang erreicht. Die summierte mittlere Energie während der Accelerationsperiode war 66,81 J/g. Bei keiner Wirkstoffkombination wurden ungewöhnliche exotherme Reaktionen beobachtet, wie sie durch chemische Wechselwirkungen zu erwarten wären. Schaumbildner-induzierte Verzögerungen lassen sich durch Beschleuniger komplett aufheben. Zwischen den Mischungen unter Verwendung von Schaumbildnern und Beschleunigern ergaben sich nur geringe Abweichungen zu den Proben nur mit Beschleuniger. Daraus lässt sich schließen, dass Wechselwirkungen zwischen Schaumbildner und Beschleuniger allenfalls im geringen Maße auftreten. Überlagerungen der Verzögerung von Schaumbildnern und Fließmittel waren dagegen durchaus nachweisbar. Jedoch sind diese Effekte sehr von der Fließmittel-Schaumbildner-Kombination abhängig. Tensidschaumbildner zeigen eine schwächere Verzögerung der Hydratation als jene auf Proteinbasis.

(1) Daniel Jansen; Friedlinde Götz-Neunhoeffer: Analytik in Forschung und Entwicklung: Wärmeflusskalorimetrie zur Untersuchung von Kinetik und Reaktionswärmen von Baustoffen; GDCh; Die Aktuelle Wochenschau zu Bauen und Chemie Woche 7, 2011.
(2) Roland Benedix: Bauchemie: Einführung in die Chemie für Bauingenieure und Architekten. Vieweg+ Teubner | GWV Fachverlag GmbH, Wiesbaden 4. Auflage, 2008.

EINFLUSS DER FASERVERTEILUNG UND FASER-ORIENTIERUNG AUF DAS MATERIALVERHALTEN VON ULTRAHOCHFESTEM FASERBETON

Ulf Grziwa, Carl-Alexander Graubner

Ultrahochfeste Faserbetone (Ultra High Performance Concrete) können mittlerweile mit Druckfestigkeiten von über 150 N/mm² zielsicher hergestellt werden. Insbesondere bei hochbeanspruchten Druckgliedern, wie z.B. Stützen in Hoch- und Industriebauwerken, können die Querschnittsabmessungen im Vergleich zu normalfestem Stahlbeton deutlich reduziert werden. Die mechanischen Eigenschaften von faserverstärkten Betonen bzw. UHPC hängen unter anderem wesentlich von der Verteilung und der Orientierung der (Stahl) Fasern ab.

Aufbauend auf den Ergebnissen, welche im Rahmen des bereits am Institut für Massivbau bearbeiteten Forschungsvorhabens „Tragwerkszuverlässigkeit hochbeanspruchter Druckglieder aus UHFB“ gewonnen werden konnten, wird derzeit ein experimentelles Untersuchungsprogramm zur Bestimmung der Materialeigenschaften von UHPC in Abhängigkeit der Faserorientierung und -verteilung durchgeführt. Ziel des Untersuchungsprogrammes ist es, eine Datenbasis zur Bestimmung statistischer Kenngrößen für die Zug- und Druckfestigkeit sowie den Elastizitätsmodul von UHPC zu erstellen. Hierbei werden die Materialparameter an gesondert hergestellten Probekörpern ermittelt. Die Bestimmung der Faserverteilung und –orientierung erfolgt mittels Computertomographie und optoanalytischen Messverfahren. Während sich die Auswertung mittels Computertomographie auf das gesamte Volumen eines Probekörpers bezieht, beschränkt sich die Auswertung mit optoanalytischen Verfahren auf einzelne Schnittflächen des Probekörpers. Die hochauflösende Aufnahme einer Schnittfläche des

Probekörpers (Abb. 1 A) wird digital nachbearbeitet (Abb. 1 B) und die Schnittflächen der einzelnen Fasern analysiert und ausgewertet (Abb. 1 C und D). Das in Abb. 1 E dargestellte Bild wurde mit Hilfe der Computertomographie erzeugt und zeigt exemplarisch die Verteilung und Ausrichtung der einzelnen Fasern im Probekörper.

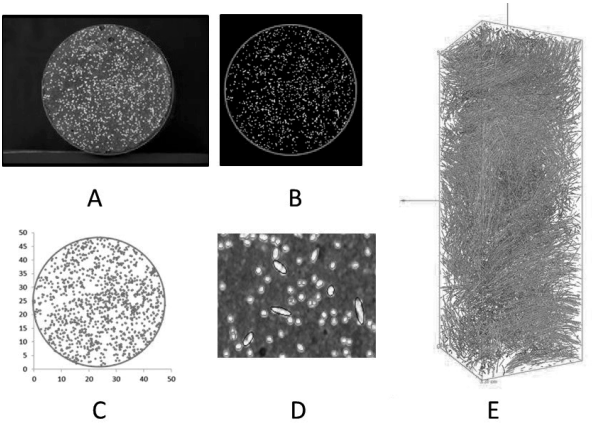


Abbildung 1: A-D Optoanalytisches Verfahren zur Bestimmung der Faserorientierung und des Fasergehaltes; E Auswertung mittels Computertomographie

Neben der Ermittlung der statistischen Kenngrößen anhand einzelner Probekörper wird im Rahmen des Forschungsvorhabens die räumliche Streuung der Materialparameter über die Bauteillänge untersucht. Hierzu werden großmaßstäbliche Versuchskörper hergestellt anhand derer die räumlich bedingten Korrelationskoeffizienten der Parameter Betondruck- und -zugfestigkeit, Elastizitätsmodul sowie geometrische Abweichungen durch Material- und Bauteiluntersuchungen bestimmt werden. Im Hinblick auf weiterführende stochastische Untersuchungen wird hierdurch die Grundlage zur Beschreibung der räumlichen Inhomogenität von UHPC Bauteilen geschaffen.

Die Autoren bedanken sich bei der DFG für die Unterstützung und Förderung dieses Forschungsprojektes am Institut für Massivbau.

EINFLUSS EINER NACHTRÄGLICHEN FEUCHTEZUFUHR AUF DIE DRUCKFESTIGKEIT VON BETON

Stefan Hainer, Tilo Proske

Im Allgemeinen wird angenommen, dass kurz nachbehandelte Betone in den Randbereichen einen geringeren Hydratationsgrad als länger nachbehandelte Betone aufweisen. Betone, die durch eine zu kurze Nachbehandlungsdauer unter Umständen nicht vollständig hydratisieren konnten, können jedoch bei nachträglicher Befeuchtung gegebenenfalls weiter hydratisieren. Dies betrifft insbesondere Bauteile, die einer Beregnung ausgesetzt sind. Hierzu muss allerdings Wasser bis zu den nicht hydratisierten Phasen vordringen können. Ob und inwiefern sich eine nachträgliche Feuchtezufuhr auf die Druckfestigkeit von Beton auswirken kann war Betrachtungsgegenstand der vorliegenden Untersuchung. Der Einfluss einer nachträglichen Feuchtezufuhr wurde an 4 Feinbetonen untersucht. Nach einem Tag in der Schalung wurden die Probekörper bis zu einem Alter von 2 und 7 Tagen im Wasserbad bei 20°C nachbehandelt und anschließend im Klimaraum (20°C, 65% r. F.) gelagert. Ein Teil der Probekörper wurde im Alter von 28 Tagen wieder ins Wasserbecken gestellt um eine nachträgliche Feuchtezufuhr zu simulieren. Für einen maximalen Hydratationsgrad wurden zusätzliche Proben durchgehend bis zu einem Alter von 56 Tagen im Wasserbad gelagert. Die Druckfestigkeit wurde nach 28 und 84 Tagen geprüft. Die Ergebnisse der Untersuchungen zum Einfluss einer nachträglichen Feuchtezufuhr bzw. Nachbehandlung auf die Druckfestigkeit sind in Abb. 1 dargestellt. Ausführlichere Ergebnisse inkl. Einfluss auf die Karbonatisierungstiefe enthält (1). Aus Abb. 1 wird ersichtlich, dass die Druckfestigkeiten bei einer Nachbehandlungsdauer von 2 Tagen signifikant geringer sind als bei einer

Nachbehandlungsdauer von 7 Tagen. Erhalten die Probekörper keine nachträgliche Feuchtigkeitszufuhr, gibt es keinen Festigkeitszuwachs bei Proben jenseits von 28 Tagen.

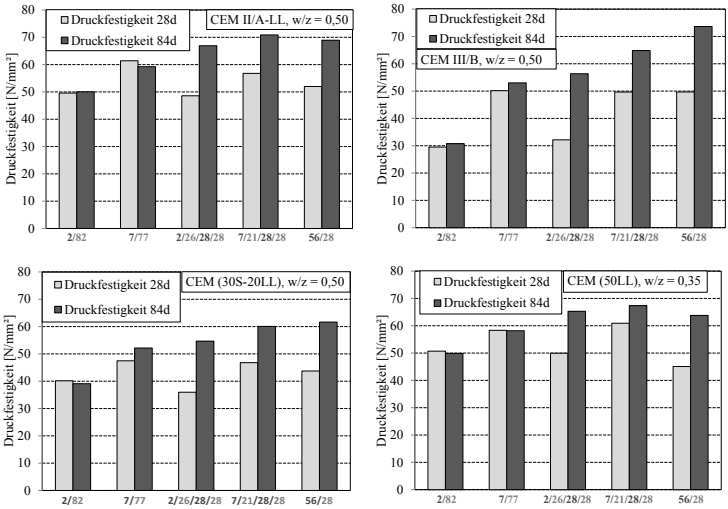


Abbildung 1: Druckfestigkeiten in Abhängigkeit von der Vorlagerung und Zementart

Bei einer nachträglichen Feuchtigkeitszufuhr liegen die Festigkeiten nach 84 Tagen deutlich über den Festigkeiten nach 28 Tagen. Demzufolge kann der Hydratationsgrad von kurz nachbehandelten Probekörpern durch eine nachträgliche Feuchtigkeitszufuhr gesteigert werden. Insbesondere bei nachbehandlungsintensiven Betonen mit CEM III/B wird dies besonders deutlich. Bei Betonen mit CEM II/A-LL, CEM (30S-20LL) und CEM (50LL), die 7 Tage nachbehandelt und nachträglich einer Feuchtigkeitszufuhr ausgesetzt wurden, werden nach 84 Tagen sogar die Druckfestigkeiten von 56-Tage nachbehandelten Proben erreicht.

(1) Hainer, S.; Proske, T.; Graubner, C.-A.: Einfluss der Nachbehandlung auf das Karbonatisierungsverhalten von Beton aus klinkerarmen Zementen. In: Beton- und Stahlbetonbau 12 (1/2015), Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 2015.

ZEMENTE MIT REDUZIERTER UMWELTWIRKUNG BEI EFFIZIENTEM EINSATZ VON HÜTTENSAND

Moien Rezvani, Stefan Hainer, Tilo Proske, Carl-Alexander Graubner

Im Forschungsprojekt „Reduzierung der Umweltwirkung der Betonbauweise durch neuartige hüttensandhaltige Zemente und daraus hergestellte Betone“ werden in Kooperation mit der Firma Spenner Zement und dem Verein Deutscher Zementwerke e. V. neuartige Zemente mit großen Anteilen an Hüttensand und Kalkstein und deren Anwendbarkeit für den Betonbau untersucht. Gefördert wird das Projekt von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU). Aufgebaut wird auf den Erkenntnissen aus dem im Jahre 2013 abgeschlossenen Projekt „Reduzierung der Umweltwirkung der Betonbauweise durch neuartige Zemente und daraus hergestellter Betone unter Verwendung hinreichend verfügbarer Ausgangsstoffe“ [vgl. (1)].

Untersuchungsgegenstand sind Zemente mit einer Zusammensetzung außerhalb der Grenzen von DIN EN 197-1. Obwohl der Entwurf der neuen Zementnorm (EN 197-1:2014) bereits Zementzusammensetzungen mit großen Hüttensand- und Kalksteingehalten vorsieht, werden in diesem Projekt Zemente mit noch geringeren Klinkergehalten und dementsprechend hohen Mengen an Hüttensand und Kalkstein untersucht. Aus diesen Zementen können unter Ansatz üblicher Wasserzementwerte und Zementgehalte keine Konstruktionsbetone mit hinreichender Dauerhaftigkeit bzw. Druckfestigkeit hergestellt werden. Ein Einsatz dieser klima- und ressourcenschonenden Zemente zur Herstellung von Stahlbetonbauteilen ist nur bei Anpassung der betontechnologischen Randbedingungen, z.B. einer erhöhten Packungsdichte und einem reduzierten Wasserzementwert, möglich. In Abb.1 ist das Untersuchungsfeld für die geplanten Untersuchungen im Dreistoffsystem des Zementes, zusammengesetzt aus

Portlandzementklinker (K), Hüttensand (S) und Kalkstein (LL) dargestellt. Es enthält ebenfalls die Zusammensetzungen (zukünftiger) Zemente nach DIN EN 197-1 und den Bereich der Zusammensetzung der kalksteinhaltigen Zemente aus dem bereits abgeschlossenen Vorgängerprojekt (CEM LL DBU).

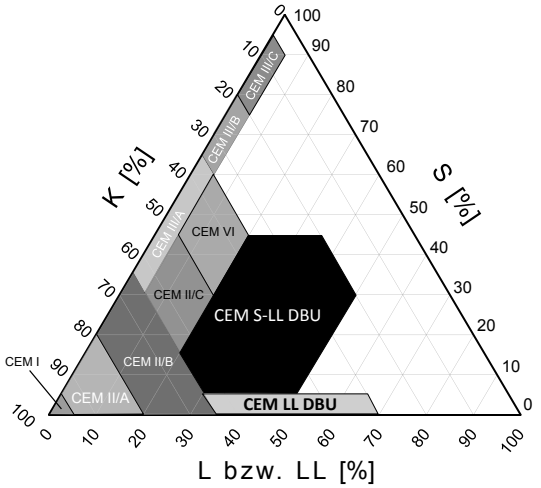


Abbildung 1: Untersuchungsrahmen, dargestellt im Dreistoffsystem für Zement

Nach umfangreichen Mörteluntersuchungen an Laborzementen sollen geeignete Zemente im Werk der Firma Spenner Zement großtechnisch hergestellt werden. Aus mit diesen Zementen hergestellten Betonen werden umfangreiche Untersuchungen zur Verarbeitbarkeit, den mechanischen Festbetoneigenschaften und der Dauerhaftigkeit durchgeführt. Zusätzlich werden Bauteilversuche durchgeführt und eine ökobilanzielle Betrachtung der entwickelten Betone vorgenommen. Die Zielsetzung ist eine Reduzierung des Treibhauspotentials von Beton von etwa 40% bei gleicher Betonleistungsfähigkeit.

(1) Müller, Ch.; Palm, S.; Graubner, C.-A.; Proske, T.; Hainer, S.; Rezvani, M.; Neufert, W.; Reuken, I.: Zemente mit hohen Kalksteingehalten – Dauerhaftigkeit und praktische Umsetzbarkeit. In: Beton (64), 1/2 2014. 43-50

CHARAKTERISIERUNG DER PORENSTRUKTUR VON LEICHTEN GESTEINSKÖRNUNGEN AUS WASCHSCHLAMM

Svetlana Volland, Olga Kazmina, Vladimir Vereshchagin

Aus heutiger Sicht können auf den globalen Baustoffmärkten der Zukunft nur solche Materialien erfolgreich bestehen, die hohen Wärmeschutz, vielfältige Konstruktionsmöglichkeiten, Brandsicherheit und Dauerhaftigkeit in sich vereinen. Obwohl bereits ein breites Spektrum wissenschaftlicher und praktischer Erfahrungen hinsichtlich der Herstellung und Verwendung solcher Materialien angesammelt wurde, bleiben aktuell immer noch zahlreiche Fragen bezüglich der Erweiterung der Rohstoffbasis für deren Herstellung weitgehend unbeantwortet. Einen wichtigen Ansatzpunkt bieten in diesem Zusammenhang die Einbindung technologischer Abfälle, und dies nicht nur vom Gesichtspunkt der Reduktion technogener Umweltbelastung, sondern auch hinsichtlich ihrer Nutzung als ergiebige, alternative Rohstoffquellen. Bei der Entwicklung neuer Leichtbaustoffe wurde daher der Verwendung von Sekundär- und Recyclingrohstoffen als Ausgangsrohstoffe besonderes Augenmerk gewidmet. Als Beispiel eines alternativen Rohstoffes für die Herstellung von leichten Gesteinskörnungen kann z.B. Waschschlamm verwendet werden. Waschschlamm ist ein Abfallprodukt aus dem Sand- und Kiesgewinnungsprozess. Die mineralogische Zusammensetzung des Waschschlammes ist eine Mischung von Quarz, Feldspaten, verschiedenen Tonmineralen, Karbonaten und Oxyden. Seine granulometrische Zusammensetzung liegt im Bereich der Partikelgrößen 2 µm - 63 µm.

Das Forschungsziel lag darin, ein optimales Temperaturregime für die Herstellung von leichten Gesteinskörnungen zu bestimmen. Zu diesem Zweck wurde die Rohstoffmischung

gemahlen und mit dem Blähmittel gemischt. Anschließend wurde das Granulat geformt und bei Temperaturen von alternativ 900 °C, 925 °C, 950 °C und 975 °C gebläht. Die besten Ergebnisse hinsichtlich Festigkeit und Dichte zeigten Proben, die bei einer Temperatur von 950 °C gebrannt wurden. Eine Temperaturerhöhung über 950 °C führt infolge einsetzenden Schmelzens (1) zu einer Viskositätsabnahme, Steigerung der Porengröße und Deformierung des Granulats. Zur Quantifizierung der Porosität und Porengrößenverteilung der hier erzeugten leichten Gesteinskörnungen auf der Basis von Waschschlamm wurde die Standardmethode der Quecksilberporosimetrie eingesetzt. Für die Bestimmung des quantitativen Inhalts der amorphen Phase in den erzeugten Granulaten wurden XRD Analysen durchgeführt und mit dem Computerprogramm RENEX ausgewertet. Letzteres wurde für die Analyse von Röntgendiagrammen mit zahlreichen überlappenden Phasen optimiert. Die Ergebnisse der quantitativen XRD Analyse zeigen, dass eine Temperaturerhöhung von 900 °C bis 975 °C den relativen Anteil der restlichen kristallenen Phase auf 23 % bis 8 % reduziert. Die Ergebnisse der ermittelten Porosität, Wasseraufnahme und Gehalt der Glasphase von leichten Gesteinskörnungen aus Waschschlamm sind in Abb. 1 zusammengestellt.

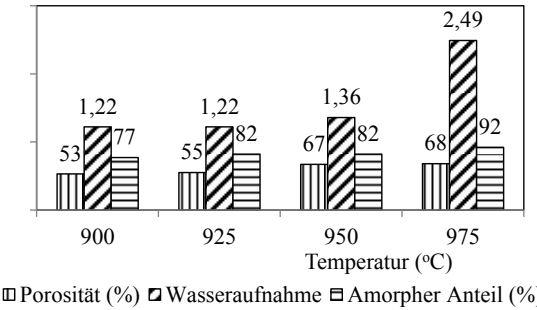


Abbildung 1: Charakteristika leichter Gesteinskörnungen in Abhängigkeit von der Blähtemperatur

(1) S.Volland, V. Vereshchagin, O. Kazmina, M. Dushkina. Recycling sand sludge as a resource for lightweight aggregates. Construction and building materials. 52, 2014, 361-365.

ENERGIEEFFIZIENZ UND BEHAGLICHKEIT VON BESTANDSBAUTEN (1920 – 2000) IM KONTEXT NORMATIVER UND GESETZLICHER REGELUNGEN

David Bewersdorff, Gerd Simsch

Für die Bereiche Energieeffizienz und Behaglichkeit wurde die Bedeutsamkeit der Raumhygiene bereits 1879 festgestellt. Diese förderte den Heizungsbau und trug dazu bei, dass Wohngebäude der wohlhabenden Schicht trocken gewohnt wurden, um die Gesundheit der nachfolgenden Nutzer sicher zu stellen. Erstmalig wurden 1899 Wärmedämmgebiete im Deutschen Baukalender angegeben, welche sich alle an einem bewährten Wandaufbau von eineinhalb Vollsteinen (38cm Ziegelwand) orientierten. Auch die Kohlekrise nach dem ersten Weltkrieg änderte nichts, obwohl in Reaktion darauf eine Richtlinie zur Förderung der Wärmewirtschaft ausgegeben wurde, die jedoch ausschließlich zu einem wirtschaftlicheren Heizverhalten aufforderte. Zu dieser Zeit war die Forschung bereits auf andere Wandaufbauten gestoßen, die bessere energetische Werte lieferten (1921). Der typische Dämmstoff, der in dieser Zeit entwickelt wurde, war die Holzleichtbauplatte, die bis 1974 jedoch ein Schattendasein fristete, da die 38cm Ziegelwand als richtige Bauweise weiterhin vermittelt wurde. Deren Schwächen waren die große träge Masse und schlechte Dämmwirkung. Dies wurde mit der DIN 4107 (1929) erkannt, aber aus heutiger Sicht ungenügend behandelt. Es wurde ein Zuschlag auf die Heizkörper- und Kesselgröße eingeführt, statt einen anderen Wandaufbau zu empfehlen. Diese Vorgehensweise zeigte sich auch in der DIN 4110 (1934), da in der „Technischen Bestimmung zur Zulassung neuer Bauweisen“ die Normalwand als Definition weiter bestand, sogar als im Jahr 1936 durch die K-Wert Berechnung eine genauere Analyse der Wandaufbauten und neuer Dämmstoffe (beispielsweise Glaswolle (λ=0,045 W/mK)) ermöglicht wurde.

Die durchführbaren Berechnungen der Temperaturverläufe in der Wand und die Feuchtebestimmungen erzeugten neue Regelungen, z.B. dass die Innentemperatur über 13°C gehalten werden solle und ein Tauwasserausfall an Oberflächen während der Nachtabsenkung/Periodenheizung erlaubt sei. Diese Regelungen erlaubten nach heutigen Erkenntnissen bautechnisch falsche Lösungen. Daraus resultierende feuchte Mauerwerke und Oberflächenfeuchte fördern Schimmelpilzwachstum, erhöhen die Wärmeleitfähigkeit und werden durch einen reinen Fensteraustausch, bei isoliert betrachteten Sanierungsmaßnahmen, noch verstärkt. Das zuvor an Fenstern kondensierte Tauwasser fällt nach alleiniger Fenstersanierung nun zusätzlich an Wänden aus, vorher unplanmäßige vorhandene Leckagen entfallen. Trotz umfangreicher Forschung und baustilbildender Epochen wie der Weimarer Zeit (1910-1933), in der durch das „Neue Bauen“ viel experimentiert wurde, verblieben die Wandaufbauten auf einem Niveau zwischen 1,0 W/m²K und 1,6 W/m²K und die Fenster bei 2,3 W/m²K bis 4,8 W/m²K. Auch nach 1945 wurde weiterhin durch starke Beheizung Behaglichkeit erzeugt, obwohl die Nachweise und die Kritik immer deutlicher wurden, die neue Wandaufbauten empfahlen.

1974 wurde mit der Primärenergiebilanzierung der Grundstein für die Wärmeschutzverordnung und deren weiterer Verlauf hin zur Energieeinsparverordnung (EnEV) gelegt, wodurch die Grenzen der energetischen Gebäudequalität Schritt für Schritt konkreter und strenger wurden. Dies öffnete den Markt für eine große Variation von Wandaufbauten, Gebäudekonzepten und Materialien. Die normativen Grenzen wurden dabei Schrittweise enger gesteckt, wobei die Forschung immer einen deutlichen Vorsprung behielt und in der Zeit der letzten Wärmeschutzverordnung (1995) bereits das Null-Heizenergiehaus hervorbrachte. Die verringerten Wärmeverluste und Zuglufterscheinungen dieses Normenjahrganges ermöglichten einen erheblichen Behaglichkeitsgewinn für die Nutzer.

(1) Werner Spillhagen, Hygienisches Memorandum, in: „neue Bauwelt“ Heft 25, 1949
(2) ISOVER, Die warme Wand, Broschüre, Ludwigshafen 1961
(3) J.S. Cammerer, Konstruktive Grundlagen des Wärme- und Kälteschutzes im Wohn- und Industriebau, Berlin 1936

ENERGETISCHE SANIERUNG IM WOHNUNGSBAU – EFFIZIENTE BEHAGLICHKEIT

David Bewersdorff, Gerd Simsch

Der Gebäudebereich in Deutschland ist mit ca. 40% des Endenergieverbrauchs und über 30% der CO_2-Emissionen der wesentliche Einflussfaktor und Treiber von Energieeinsparpotentialen. Aus technischer Sicht sind im Gebäudebestand mit energetischen Sanierungen bereits heute Einsparungen bis zu 80%, allerdings auch verbunden mit erheblichen finanziellen Aufwendungen, realisierbar. Der Wohngebäudebestand mit über 18 Mio. Gebäuden, 40 Mio. Wohneinheiten und über 3,5 Mrd. m² Nutzfläche hat dabei eine erhebliche Bedeutung.[1]

Mehr als 70% der Wohngebäude sind älter als 25 Jahre. Die notwendige Sanierungsrate zur Hebung der Energieeinsparpotentiale und zur Vermeidung eines Sanierungsstaus müsste über 2% liegen, die tatsächliche Sanierungsrate liegt derzeit bei unter 1%. Daraus folgende Fragestellungen zur Anhebung von Sanierungsraten und zur Effizienz von Sanierungsmaßnahmen selbst lassen neben demografischen und funktionalen Aspekten insbesondere den Nutzer „Mensch“ und seine bauphysikalischen Behaglichkeitsansprüche und die Raumhygiene in den Vordergrund treten. Die Behaglichkeit und die Raumhygiene werden stark von der Oberflächentemperatur und vorherrschenden Raumtemperatur beeinflusst; durch Dämmung, Fensteraustausch und geeignete Heizungskonzepte können intelligente Lösungen erreicht werden. Wichtige Faktoren wie die Luftfeuchte und die Innenraumhygiene werden dabei durch geeignete Lüftungsstrategien und im Kontext der Nutzerzufriedenheit berücksichtigt. Die in unsanierten Bestandsbauten anzutreffenden Zugerscheinungen durch Leckagen oder Kaltluftabfälle an Fenstern wirken erheblich

[1] Statistisches Bundesamt, 2012

komfortmindernd, lassen sich jedoch generell bei Sanierungen durch die Erneuerung von Fenstern und angemessene Dämmung von Wänden verbessern.

Durchgeführte Untersuchungen zeigen erhebliche Unterschiede in der Beurteilung von Lösungen aus normativen Anforderungen bzw. durch öffentliche Förderung unterstützte Sanierungsprogramme im Vergleich mit dem für die Behaglichkeit ausreichenden Mindestmaß auf, welches durch normativ statische Rückrechnung der Oberflächen-temperaturberechnung ermittelt werden konnte. Durch Anwendung letztgenannter Anforderungen und jener der KfW und EnEV an Einzelbauteile auf drei Wohngebäude der Baualtersklasse E (1958 - 1968) und eines der Baualtersklasse H (1984 - 1994), ergaben sich folgende Resultate:

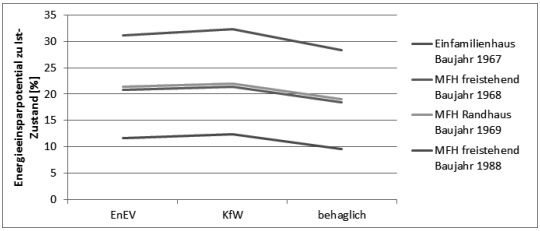


Abbildung: Einsparpotentiale verschiedener Sanierungsanforderung bei Außenwänden

Die Abbildung zeigt deutlich, dass das Niveau der Energieeinsparpotentiale der verschiedenen Anforderungskategorien in gleicher Größenordnung liegt. Im Durchschnitt ergibt sich lediglich eine zusätzliche Primärenergieeinsparung von 4% zwischen der KfW-Variante und der Behaglichkeits-Variante. Bemerkenswert ist jedoch, dass für die behagliche Variante durchschnittlich 42% weniger Dämmung gegenüber der KfW-Variante notwendig ist, sodass der sich daraus ergebende geringere Ressourcenverbrauch und der ökonomische Vorteil zu verstärkter Befürwortung von Sanierungsmaßnahmen führen kann. Sanierungsraten könnten gesteigert werden bei entsprechend gesteigerter Wohnqualität und Energieeinsparung in der gesamtheitlich betrachteten Sanierungsfläche.

(1) DIN EN ISO 7730 (2003) / DIN EN 15251 (2012-12)

RESSOURCENEFFIZIENZ IM BAUWESEN

Katharina Fritz, Carl-Alexander Graubner

Der sparsame Umgang mit natürlichen Ressourcen und die Bewahrung dieser Ressourcen stellen wichtige Schutzziele der Nachhaltigkeit im Allgemeinen und der Nachhaltigkeit im Bauwesen dar. Dementsprechend ist in der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie im Leitbild Generationengerechtigkeit der Schlüsselindikator Ressourcenschonung integriert, der anhand von mehreren Indikatoren die Fortschritte auf dem Weg zur sparsamen und effizienten Ressourcennutzung messbar machen soll. Einer dieser Indikatoren ist die Rohstoffproduktivität, die als Ratio aus dem preisbereinigten Bruttoinlandsprodukt und dem eingesetzten abiotischen Primärmaterial berechnet wird. Für diesen Indikator wird als Ziel angestrebt, eine Verdopplung im Zeitraum von 1994 bis 2020 zu erreichen. Für den Zeitraum zwischen 1994 und 2012 liegen bereits Auswertungen zur Entwicklung des Indikators vor, dort zeigt sich eine Erhöhung um nahezu 50%. Eine Fortschreibung der Entwicklung auf Basis der Werte aus den letzten fünf Jahren zeigt jedoch, dass das angestrebte Ziel für das Jahr 2020 damit nicht erreichbar ist (1). Um die Zielerreichung zu unterstützen, wurde 2012 bereits ProgRess als deutsches Ressourceneffizienzprogramm gestartet. Thematisch grenzt ProgRess die betrachteten Ressourcen allerdings auf Rohstoffe ein, wobei fossile Energieträger sowie biotische Rohstoffe wie Brenn-/ Kraftstoffe und Nahrungs-/Futtermittel außerhalb der Betrachtung bleiben. Alle weiteren natürlichen Rohstoffe, wie Wasser, Luft etc. werden nicht adressiert. Im Rahmen der Weiterentwicklung von ProgRess, die derzeit unter dem Arbeitstitel ProgRess II betrieben wird, ist jedoch eine Ausweitung der betrachteten Ressourcen, allerdings nur in Bezug auf die betrachteten Rohstoffe, geplant. Zukünftig sollen dann evtl. auch biotische und abiotische Energieträger in die Betrachtung integriert werden (2).

Aus der derzeitigen Ressourcendefinition und der Definition des Indikators Rohstoffproduktivität resultiert für das Bauwesen als materialintensiver Branche, die in großem Umfang abiotisches Primärmaterial einsetzt, ein hoher Stellenwert für die Erreichung der Zielsetzung der Verdopplung der Rohstoffproduktivität. Besondere Spezifika des Bauwesens, wie z.B. die lange Lebensdauer von Produkten, liegen allerdings aufgrund der derzeitigen Indikatordefinition außerhalb der Betrachtung. Zudem muss der Ressourcenbegriff weiter gefasst werden, da eine reine Rohstoffbetrachtung zu kurz greift.

Daher wird in einem aktuellen Forschungsprojekt zur Ressourceneffizienz im Bauwesen die Zielsetzung verfolgt, eine Bewertungssystematik für die Ressourceneffizienz im Bauwesen zu entwickeln und somit eine geeignete Beurteilung der Ressourceneffizienz für diese Branche zu ermöglichen. Neben der Abbildung der Besonderheiten des Bauwesens soll die Bewertungssystematik dem Nachhaltigkeitsgedanken folgend einen gesellschaftspolitischen Ausgleich verschiedener Interessenslagen zulassen. Die Bewertungssystematik soll zudem branchenübergreifend einsetzbar sein, um die Ressourceneffizienz einzelner Branchen miteinander vergleichen zu können. Die Entwicklung des Bewertungssystems für die Ressourceneffizienz im Bauwesen wird Ende 2015 abgeschlossen sein. Zwischenergebnisse des Forschungsprojektes werden regelmäßig am Runden Tisch „Ressourceneffizienz im Bauwesen“, der während der Projektlaufzeit vom Fachgebiet Massivbau organisiert wird, vorgestellt und mit den Teilnehmern diskutiert. Federführend durch das damalige Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMBVS) wurde der Runde Tisch „Ressourceneffizienz im Bauwesen“ im April 2013 als Informations- und Diskussionsplattform ins Leben gerufen (3). Der Runde Tisch „Ressourceneffizienz im Bauwesen“ tagt halbjährlich in Berlin, der nächste Termin findet im Frühjahr 2015 statt.

(1) Statistisches Bundesamt [Hrsg.]: Umweltökonomische Gesamtrechnungen, Indikatoren zu Umwelt und Ökonomie, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, 2014.
(2) Kaiser, R.: ProgRess II – Das deutsche Ressourceneffizienzprogramm 2016. In: UmweltWirtschaftsForum, Vol. 22, Issue 2-3, S. 115-123.
(3) Menzer, D.: Ressourceneffizienz: Indikatoren und Messgrößen im Bausektor. In: Bundesbaublatt, Jg. 62, Ausgabe 10, 2013, S. 58-59.

NEUES ZERTIFIZIERUNGSSYSTEM FÜR NACHHALTIGKEIT IM GEBÄUDEBETRIEB

Sebastian Pohl, Carl-Alexander Graubner

Die Bau- und Immobilienwirtschaft gilt aufgrund ihrer enormen Ressourcenentnahmen aus und ebenso großen Stoffeinträgen in die Umwelt als Schlüsselbranche für eine nachhaltige Entwicklung. Insbesondere der Betriebsphase von Gebäuden können diesbezüglich massive Wirkungen oder vice versa erhebliche Potentiale attestiert werden. Bislang werden diese Potentiale allerdings nur unzureichend erschlossen, weil den maßgeblichen Akteuren wie z.B. Facility Management-Dienstleistern keine Methodik zur Verfügung steht, mit der der abstrakte Nachhaltigkeitsansatz für den Gebäudebetrieb operationalisiert wird. Nachhaltigkeitsbewertungssysteme wie die des *Deutschen Gütesiegels Nachhaltiges Bauen* adressieren zwar den gesamten Gebäudelebenszyklus, mithin auch die Nutzungs- und Betriebsphase. Sie tun dies aber im Wesentlichen prognostisch aus der zeitlichen Perspektive der Baufertigstellung und bilden faktisch nur Voraussetzungen für einen nachhaltigen Gebäudebetrieb ab. Zudem fehlt ihnen die Maßnahmenorientierung, die Leistungen und Prozesse des Gebäudebetriebs erfordern.

Gemeinsam mit einem führenden deutschen Facility Management-Dienstleister hatte das Institut für Massivbau daher bereits in den Jahren 2011 bis 2012 im Rahmen eines Forschungsprojekts und als ersten Schritt zu einem möglichen Zertifizierungssystem einen neuen Bewertungsansatz für den nachhaltigen Gebäudebetrieb entwickelt. Dessen Kriterienkatalog gewährleistet sowohl eine objektivierte Beurteilung als auch eine handlungs- und maßnahmenorientierte Abbildung des gesamten Leistungs- und Prozessspektrums des Gebäudebetriebs und weist zudem eine strukturelle und konzeptionelle Kompatibilität mit den arrivierten Systemen des *Deutschen Gütesiegels Nachhaltiges Bauen* auf.

Mittlerweile ist die Bewertung und Zertifizierung der Nachhaltigkeitsqualität des Gebäudebetriebs branchenweit und akteursübergreifend auf die Agenda gerückt. Spiegel dieser Entwicklung ist die Konstituierung eines Arbeitskreises *Nachhaltigkeit* bei der *German Facility Management Association (GEFMA)* als führendem deutschen Branchenverband, dessen zentrales Ziel in der Erarbeitung, Fixierung und Verbreitung eines vereinheitlichten Verständnisses und von standardisierten Qualitäts- und Bewertungskriterien des nachhaltigen Facility Managements besteht. Das Institut für Massivbau konnte als aktives Mitglied dieses Arbeitskreises insbesondere die soeben skizzierten Erfahrungen in Forschung und Entwicklung hinsichtlich eines neuen Systemansatzes für den nachhaltigen Gebäudebetrieb einbringen und war in diesem Sinne federführend an der Realisierung der neuen *GEFMA*-Richtlinie *160 Nachhaltigkeit im Facility Management - Grundlagen und Konzeption* beteiligt, mit deren Veröffentlichung ein erstes Etappenziel des Arbeitskreises erreicht wurde.

Auf Basis dieser Richtlinie und insbesondere des am Institut für Massivbau entwickelten neuartigen Bewertungssystems wird die *GEFMA* künftig ein vollwertiges Zertifizierungssystem am Markt einführen und betreiben und hat dazu mit der *Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V. (DGNB)* eine Kooperation geschlossen, bei der die *DGNB* als unterstützende Konformitätsprüfungsstelle fungieren wird. Derzeit läuft in diesem Kontext die vom Institut für Massivbau und seinem Spin-off LCEE GmbH betreute Erstanwendungsphase des neuen Zertifizierungssystems, an deren Ende (vsl. Januar 2015) die teilnehmenden Pilotprojekte mit ihren Zertifikaten für nachhaltiges Facility Management ausgezeichnet werden sollen.

Auch darüber hinaus wird das Institut für Massivbau die Aktivitäten des *GEFMA*-Arbeitskreises *Nachhaltigkeit* weiterhin wissenschaftlich begleiten, etwa hinsichtlich der notwendigen kontinuierlichen Systemfortschreibung oder -weiterentwicklung für andere als die Basis-Typologie Büro und Verwaltung, wird insbesondere aber auch gemeinsam mit der LCEE GmbH die Ausbildung und Schulung der Auditoren des neuen Zertifizierungssystems verantworten und somit langfristig zu dessen Etablierung beitragen.

SPANNUNGSFELD VON ÖKOBILANZVERFAHREN IM *DEUTSCHEN GÜTESIEGEL NACHHALTIGES BAUEN*

Sebastian Pohl

Die Ökobilanzierung nach DIN EN ISO 14040 und 14044 als Methodik zur Bestimmung der Umweltwirkungen eines Produktsystems repräsentiert einen wesentlichen Bestandteil der ökologischen Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden in den Zertifizierungssystemen des *Deutschen Gütesiegels Nachhaltiges Bauen*. Dort führt die Dualität zweier Verfahrensvarianten (Vollständiges vs. Vereinfachtes Verfahren) in Verbindung mit fehlenden Erfahrungen in der Praxisanwendung des Vollständigen bzw. die dominante Verwendung des Vereinfachten Verfahrens u.a. zur Fragestellung, ob eine etwaige Spreizung der Ergebnisse beider Verfahren zu einer systematischen Fehleinschätzung der Umweltwirkungen im Rahmen einer Gebäudezertifizierung führt. Mittels der Analysen eines hier komprimiert dargestellten Forschungsvorhabens des Instituts für Massivbau im Rahmen der Initiative *ZukunftBau* konnten dazu anhand repräsentativer Vergleichsgebäude erstmals wissenschaftlich fundierte Kenntnisse gewonnen werden.

Der zentrale Unterschied der Bilanzierungsansätze beider Verfahren liegt im Vollständigkeitsgrad der modellhaften Abbildung eines Gebäudes: Während das Vollständige Verfahren eine lückenlose Berücksichtigung aller Bauteile der Kostengruppen (KG) 300 und 400 nach DIN 276 fordert, erlaubt das Vereinfachte Verfahren eine Beschränkung auf wesentliche Bauteilgruppen der KG 300 und 400, wobei seitens der Technischen Gebäudeausrüstung (TGA) lediglich die Wärmeerzeugungsanlage zu bilanzieren ist. Bei Anwendung des Vereinfachten Verfahrens sind die gebäudesubstantiellen Bilanzergebnisse zudem pauschal mit einem Sicherheitsfaktor von 10 % zu beaufschlagen. Demnach ist die Ursache für Ergebnisabweichungen zwischen den Verfahren insbesondere im Bereich der TGA zu erwar-

ten und es besteht die weiterführende Fragestellung, ob der o.g. Sicherheitsfaktor zur Kompensation der Vollständigkeitsreduzierung im Vereinfachten Verfahren richtig kalibriert ist. Hinsichtlich der Signifikanz der Ergebnisabweichungen lässt sich auf Gesamtergebnisebene - inkl. der Umweltwirkungen des Energiebedarfs der Nutzungsphase – jedenfalls konstatieren, dass die relativen Abweichungen in einer Bandbreite liegen, die ausreichend klein ist, dass keine nennenswerten Unterschiede in den resultierenden Bewertungen der ökobilanziellen Kriterien des *Deutschen Gütesiegels Nachhaltiges Bauen* bestehen.

Neben der bereits im Vereinfachten Verfahren relativ exakten Erfassung und Abbildung der Baukonstruktion ist dafür aber vor allem die - in beiden Verfahren identische – Bilanzierung des Energiebedarfs der Nutzungsphase verantwortlich, weil dieser bis zu 90 % der Umweltwirkungen induziert. Insofern werden Verbesserungen des energetischen Gebäudestandards, Effizienzsteigerungen der TGA oder ein erhöhter Einsatz regenerativer Energien tendenziell künftig zu einer höheren Signifikanz von Ergebnisabweichungen führen und eine unreflektierte Fortführung der dominanten Anwendung des Vereinfachten Verfahrens in Frage stellen. Gleichwohl hat sich eine alternative obligatorische Anwendung des Vollständigen Verfahrens als aus Praktikabilitätsgründen nicht zweckmäßig erwiesen, weil der Mehraufwand - insbesondere im Bereich der Datenaufnahme - bei ca. 80 bis 120 % liegt.

Vielmehr legen die Erkenntnisse des Forschungsvorhabens nahe, dass es zur künftigen Konsolidierung der Ökobilanzierung im *Deutschen Gütesiegel Nachhaltiges Bauen* einer „ausgleichenden“ Strategie bedarf, die sowohl den wissenschaftlichen Genauigkeitsanforderungen als auch dem baupraktischen Wirtschaftlichkeitserfordernis als den beiden Polstellen des Spannungsfelds gerecht werden kann. In diesem Sinne muss eine einzige ökologisch adjustierte, ökonomisch rationalisierte und funktional optimierte Verfahrensvariante als die „nachhaltigste“ Handlungsalternative gelten. Sie zeichnet sich im Kern dadurch aus, dass die TGA-Komponenten integriert werden, die als Ergebnistreiber das Gros der Umweltwirkungen repräsentieren, gleichzeitig aber mit vertretbarem Aufwand zu bilanzieren sind, diese Handlungsalternative mithin für beide Polstellen des Spannungsfelds ausreichend funktional ist und vor allem auch die bisherige Verfahrensdualität auflöst.

„PRE-CHECK“-SYSTEMATIK ZUR NACHHALTIGKEITS-BEWERTUNG VON STRAßENBRÜCKEN IN FRÜHEN PLANUNGSPHASEN

Peter Ramge, Carl-Alexander Graubner

Der Fokus der Nachhaltigkeitsbetrachtung und -bewertung im Bauwesen lag lange Zeit auf den Gebäuden bzw. auf dem Hochbau. Durch Nachhaltigkeitsbewertungssysteme, wie z.B. dem Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude (BNB), können Gebäude im Hinblick auf die ökologische, ökonomische und soziokulturelle Dimension der Nachhaltigkeit sowie den bauspezifischen Querschnittsqualitäten technische Qualität und Prozessqualität ganzheitlich bewertet werden. In 2010 wurde in einem am Institut für Massivbau bearbeiteten Forschungsprojekt der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) eine Nachhaltigkeitsbewertungssystematik für Straßenbrücken in Anlehnung an die Bewertungssystematik für Gebäude entwickelt. Darauf aufbauend wurden seitdem zahlreiche weitere Forschungsprojekte zur Nachhaltigkeitsbewertung von Elementen der Verkehrsinfrastruktur bearbeitet. Derzeit befindet sich ein Forschungsprojekt zur Überarbeitung des vorliegenden Bewertungssystems für Straßenbrücken aus dem Jahr 2010 sowie zur Erarbeitung einer „Pre-Check“-Systematik zur Nachhaltigkeitsbewertung von Straßenbrücken in frühen Planungsphasen in Bearbeitung.

Im ersten Schritt des aktuellen Forschungsprojektes werden die bisherigen Forschungs-projekte zur Nachhaltigkeitsbewertung von Verkehrsinfrastruktur sowie weitere aktuelle Veröffentlichungen bezüglich genannter Verbesserungspotentiale analysiert. Hierzu zählt z.B. das Projekt „Pilotstudie zum Bewertungsverfahren Nachhaltigkeit von Straßenbrücken im Lebenszyklus“, in dem das Bewertungssystem für Straßenbrücken erstmals anhand realer Praxisbeispiele getestet wurde. Aus den gewonnenen Erkenntnissen der Anwendung

wurden im Rahmen der Pilotstudie Empfehlungen zur Präzisierung und Anpassung einzelner Aspekte abgeleitet. Basierend auf den ermittelten Verbesserungspotentialen erfolgt eine Überarbeitung des Basissystems zur Nachhaltigkeitsbewertung von Straßenbrücken aus dem Jahr 2010, bei der auch bisher zurückgestellte Kriterien ausgearbeitet und in die Bewertungssystematik integriert werden. Besonders grundlegende Komponenten und Methodiken der Bewertungssystematik, wie z.B. die geeignete Bezugsfläche für Straßenbrücken, der Umgang mit nicht zutreffenden und nicht relevanten Checklisten-Fragen oder die Festlegung von Referenzwerten für Straßenbrücken, sind im Zuge der Überarbeitung ebenfalls zu klären und anzupassen. Des Weiteren erfolgt eine Harmonisierung des Layouts der Steckbriefe zwischen den Subsystemen Brücke, Strecke und Tunnel.

Der zweite Teil des Forschungsprojektes beinhaltete die Erarbeitung einer „Pre-Check"-Systematik für Brücken in den frühen Planungsphasen, um Nachhaltigkeitspotentiale im Planungsprozess frühzeitig zu erkennen und zu nutzen. Hierfür wird zunächst eine Analyse der relevanten Planungsphasen vorgenommen und ermittelt, welche Informationen zu den einzelnen Planungszeitpunkten der Straßenbrücke bereits vorliegen und somit zur Nachhaltigkeitsoptimierung genutzt werden können. Da eine Straßenbrücke häufig im Kontext eines Streckenzuges errichtet wird, muss hierbei die Interaktion zwischen den Subsystemen Streckenzug und Brücke beachtet werden. Basierend darauf kann eine Abgrenzung der frühen Planungsphase als Anwendungszeitpunkt für die „Pre-Check"-Systematik erfolgen. Die Kriterien des bestehenden (überarbeiteten) Systems werden in der weiteren Bearbeitung des Forschungsprojekts für die Anwendung in den frühen Planungsphasen angepasst. Der Fokus wird hierbei vor allem auf solchen Kriterien liegen, die ein hohes Lenkungspotential für die Nachhaltigkeit der Straßenbrücke aufweisen. Zur Sicherstellung der Anwendbarkeit des „Pre-Check"-Systems werden die Bewertungs- und Berechnungsvorschriften sowie die Referenz-, Ziel- und Grenzwerte überarbeitet, sodass ein praxistaugliches System zur Nachhaltigkeitsbewertung von Straßenbrücken in den frühen Planungsphasen entsteht.

EINFLUSS DER FLEXIBILITÄT AUF DIE LEBENSZYKLUSKOSTEN VON INDUSTRIEBAUTEN

Gökhan Uysal, Carl-Alexander Graubner

Industriebetriebe sind durch den hohen Konkurrenz- und Kostendruck auf den globalisierten Märkten mit neuen Problemstellungen konfrontiert. Die zunehmende Volatilität in der Nachfragesituation von Konsumprodukten führt dazu, dass Unternehmen immer schneller auf Veränderungen reagieren müssen. Vor diesem Hintergrund ergeben sich neue Herausforderungen für Industriehallen.

Die bisher gängige Praxis, kurzfristige, den Änderungen der Produktion folgende Neubauten, Erweiterungen und Umbauten zu erstellen, bedeutet eine Verschwendung von baulichen Ressourcen. Zudem können hierdurch erhebliche Ausfallzeiten durch Produktionsunterbrechungen während der Bauzeit entstehen. Aus diesen Gründen wird in der Optimierung der Umnutzungsfähigkeit, nachfolgend als Flexibilität bezeichnet, eine deutliche Chance gesehen, die Lebenszykluskosten eines Industriebauwerks zu senken.



Abbildung 1: Einzelfaktoren der Flexibilität

Um die Flexibilität eines Industriebauwerks in die Lebenszykluskostenberechnung einzubeziehen, ist zunächst der Begriff zu objektivieren und messbar zu machen. Wie der Abbildung 1 zu entnehmen, geschieht dies in der vorliegenden Arbeit dadurch, dass der Begriff Flexibilität in seine Einzelfaktoren aufgespaltet wird. Die Arbeit beruht weiterhin auf der Prämisse, dass bei einem gewöhnlichen Industriebauwerk von einem durchschnittlichen Flexibilitätsniveau auszugehen ist. Die Lebenszykluskosten, die aus diesem Referenzniveau resultieren, werden anschließend mithilfe von Korrekturfaktoren auf das jeweilige angestrebte Niveau angepasst. Die Korrekturwerte der Einzelfaktoren werden addiert und ergeben den Gesamtkorrekturwert für Flexibilität. Dieses Vorgehen ist der Formel 1 zu entnehmen.

$$KF_{Flexibilität} = KF_{Universalität} + KF_{Skalierbarkeit} + KF_{Modularität} + KF_{Revisionierbarkeit} + KF_{Trennbarkeit}$$

Formel 1: Berechnung des Korrekturfaktors

Es werden sowohl Herstellkosten (HK), Betriebskosten (BK), Änderungskosten (ÄK) als auch die Nutzungsdauer der Bauteile (ND) korrigiert. Die Höhe der Faktoren kann mit Experteninterviews auf Basis der AHP-Methode ermittelt werden. Dabei werden durch paarweise Vergleiche die Kostengewichte der Einzelfaktoren bei einem gegebenen Flexibilitätsniveau bestimmt. Zur Festlegung der zu bewertenden Niveaus wurde eine 9-stufige Skala gewählt. Die Ergebnisdarstellung erfolgt in tabellarischer Form (s. Tabelle 1).

Gesamtwert Flexibilität		HK	BK	ÄK	ND
0%	**äußerst niedrig**	96,0%	110,0%	146,0%	98,0%
10%	**sehr niedrig**	96,5%	107,5%	132,5%	98,5%
20%	**niedrig**	97,5%	105,0%	120,7%	99,0%
30%	**unterdurchschnittlich**	98,0%	102,5%	110,0%	99,5%
40%	**durchschnittlich**	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
50%	**überdurchschnittlich**	114,5%	98,5%	50,0%	106,0%
70%	**hoch**	119,0%	97,0%	25,0%	112,0%
80%	**sehr hoch**	124,0%	95,5%	12,5%	118,0%
90%	**ausgezeichnet**	135,0%	94,0%	6,3%	124,0%

Tabelle 1: Beispielhafte Korrekturfaktoren für Flexibilität getrennt nach Kostenarten

ANWENDUNG DER METHODEN LEBENSZYKLUSKOSTENRECHNUNG UND ÖKOBILANZIERUNG FÜR PLUS-ENERGIE-HÄUSER

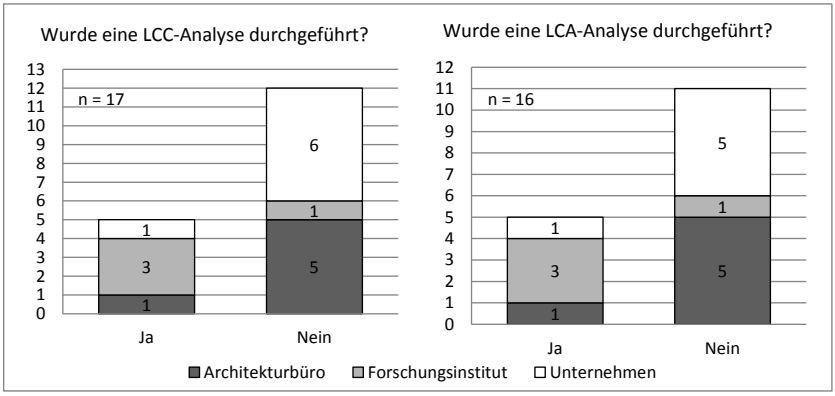
Claudia Weißmann

Im Rahmen der Energiewende gewinnen Plus-Energie-Häuser in der Bauwirtschaft zunehmend an Bedeutung, da diese Branche für ca. ein Drittel des Deutschen Primärenergiebedarfs verantwortlich ist. Bislang wurde bei der Bewertung unterschiedlicher Plus-Energie-Hauskonzepte der Fokus in erster Linie auf die Energieeffizienz gelegt. Jedoch sind auch die ökonomische und die ökologische Qualität dieser Gebäude wichtige Faktoren für eine ganzheitliche Analyse und eine langfristige Etablierung im Markt. Ein besonderes Merkmal dieser Gebäude ist der verstärkte Ressourceneinsatz in der Herstellungsphase (z.B. für innovative Anlagentechnik) im Zusammenhang mit Einsparungen in der darauffolgenden Nutzungsphase (z.B. Strom und Wärme). Um diese Beziehung zwischen den einzelnen Lebensphasen zielführend abbilden zu können, bieten sich Bewertungsmethoden an, die den gesamten Lebenszyklus des Plus-Energie-Hauses betrachten. Für die ökonomische Bewertung eignet sich dabei die Methode der Lebenszykluskostenrechnung (Life Cycle Costing bzw. LCC), während für die ökologische Bewertung die Ökobilanzierung (Life Cycle Assessment bzw. LCA) angewendet werden kann. Beide Methoden werden bereits seit längerem für die Bewertung konventioneller Gebäude genutzt.

Um zu untersuchen, ob diese Methoden auch für Plus-Energie-Häuser angewendet werden, wurde am Fachgebiet Massivbau auf Initiative des Fachgebietes Rechnungswesen, Controlling und Wirtschaftsprüfung eine empirische Studie durchgeführt. Dabei wurde die Anwendung und Anwendbarkeit der Methoden bei den durch das ehemalige *Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung (BMVBS)* geförderten Gebäuden im Effizienzhaus-Plus Standard (zum Zeitpunkt der Studie waren dies 17 Gebäude) überprüft.

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass immerhin bei jeweils fünf der 17 Projekte eine LCC- bzw. eine LCA-Analyse durchgeführt wurde. Dies war besonders häufig der Fall, wenn ein Forschungsinstitut in den Planungsprozess des Gebäudes involviert war. Die Methoden dienten dabei zum Nachweis des ökonomischen und ökologischen Vorteils von Plus-Energie-Häusern gegenüber konventionellen Gebäuden. Für die Mehrheit der befragten Unternehmen (zumeist aus der Fertighausbranche) und kleinen Architekturbüros erschienen beide Methoden zwar sinnvoll aber noch nicht praxistauglich, da sie mit erheblichem Zeit- und damit Kostenaufwand verbunden werden.

In Bezug auf die Anwendbarkeit der Methoden lässt sich festhalten, dass bei den Projekten, bei denen LCC- und LCA-Analysen durchgeführt wurden, in der Regel die vereinfachten Verfahren des *Deutsches Gütesiegel Nachhaltiges Bauen (DGNB)* bzw. des *BMVBS* zur Anwendung kamen. Gemäß diesen Verfahren müssen jedoch die negativen Effekte aus Installation und Entsorgung wesentlicher Elemente des Effizienzhauses – wie der innovativen technischen Ausstattung – gar nicht erfasst werden, weswegen häufig lediglich der aus ihnen resultierende Einspareffekt auf Energiekosten, Primärenergiebedarf und Emissionen abgebildet wurde. Insofern kann es das Ziel der weiteren Forschungsarbeit sein, die Methoden LCC und LCA für die Anwendung auf Plus-Energie-Häuser weiterzuentwickeln. Insbesondere, damit ein ganzheitlicher Vergleich der ökonomischen und ökologischen Qualität von Gebäuden unterschiedlicher technischer Ausstattungsniveaus möglich wird.



PFINGSTEXKURSION
NACH DÜSSELDORF UND UMGEBUNG

Jochen Zeier, Peter Ramge

Wie jedes Jahr fand auch diesmal in der Woche nach Pfingsten (10.-13.06.2014) die Vertiefer-Exkursion des Instituts für Massivbau der TU Darmstadt gemeinsam mit den Fachgebieten Massivbau und Stahlbau der TU Kaiserslautern statt. Die diesjährige 11. Gemeinschaftsexkursion führte die Studierenden der beiden Universitäten nach Düsseldorf und Umgebung.

Aufgrund eines heftigen Unwetters in der Nacht von Pfingstmontag auf Dienstag war auf den Straßen Düsseldorfs ein Verkehrschaos ausgebrochen. Um bei den Besichtigungsterminen pünktlich zu sein, war daher ein wenig Improvisationstalent seitens der Organisatoren der TU Darmstadt gefragt. Es gelang jedoch alle Besichtigungstermine wahrzunehmen. Das Programm beinhaltete die Besichtigung diverser Hochbauten in unterschiedlichen Stadien des Lebenszyklus (Errichtung/Nutzung/Umbau), wie z.B. das Haus der Ärzteschaft (Düsseldorf), das neue TÜV Süd Verwaltungsgebäude (Köln) und das Gerling-Quartier (Gebäudekomplex in Köln). Auch große Infrastrukturprojekte zählten zu den Programmpunkten. Hierbei sind die Baustelle der Wehrhahnlinie (neue U-Bahnlinie) in Düsseldorf, das Autobahnkreuz Kaarst (Ausbau der A57) und die Lahntalbrücke bei Limburg (Brückenneubau A3) zu nennen. Zu den besonderen Highlights zählten die Besuche des Tagebaus Garzweiler der RWE Power AG und des Fertigteilwerks der Firma Goldbeck in Hamm. Abgerundet wurde die Exkursion durch eine Nachtwächtertour durch die Düsseldorfer Altstadt, bei der über die Bräuche und Gepflogenheiten des Düsseldorfer Nachtlebens informiert wurde sowie verschiedene Sonderführungen durch den Kölner Dom, bei denen die Teilnehmer einen Blick hinter die

Kulissen werfen konnten. Der gemeinsame Abschlussabend begann mit warmen Gerichten, Tapas und reichlich Düsseldorfer Alt und fand in der Live-Übertragung des Fußball WM-Eröffnungsspiels aus Brasilien seinen Ausklang.



Abbildung 1: Gruppenbild vor der Lahntalbrücke

Für die großzügige finanzielle Unterstützung der Exkursion durch den Verein der Freunde des Instituts für Massivbau der TU Darmstadt möchten wir uns nochmals recht herzlich bedanken.

Die nächste Pfingstexkursion wird vom 26.05.2015 bis 29.05.2015 stattfinden. Organisiert wird diese Exkursion von den Mitarbeitern der TU Kaiserslautern. Als Ansprechpartner steht Ihnen Herr Dipl.-Ing. Jochen Zeier gerne zur Verfügung.